



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa



Trabajo Final de Grado

Estudio de la accidentalidad vial en la autovía C-17

MEMORIA

Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales

Fecha de entrega: 10/06/2017

Estudiante: García Martínez, Daniel

Director: Ortiz Marzo, José Antonio

Quiero dar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que han colaborado de alguna manera conmigo para la consecución de este Trabajo Final de Grado.

En primer lugar, agradezco a todas las personas que han decidido dedicar unos minutos de su tiempo a responder la encuesta, siendo ellos una parte fundamental para completar el estudio. También agradezco a mi empresa, Bosch Sistemas de Frenado, la flexibilidad horaria que me han otorgado para poder realizar algunas de las tareas necesarias para el desarrollo del trabajo.

Quiero mostrar mi gratitud con mi tutor José Antonio Ortiz, que ha velado por un correcto desarrollo del estudio y ha aportado su riguroso conocimiento sobre la materia para poder completar el trabajo. En este sentido, quiero felicitarle también por la labor realizada a través de la plataforma VPE Seguridad Vial, realizando su aportación a la reducción de la accidentalidad vial.

Por último, quiero mencionar y expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas más queridas que tengo, las cuales forman parte de mí y son fundamentales en mi persona. Especialmente a mis padres y a Pablo Villellas, Ferran Soler, Xenia Corominas, Kevin Muñoz y Elisabeth Valera.

Dedico este estudio a todas aquellas personas que han perdido a alguien cercano en un accidente vial.

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Objetivo	9
1.2. Alcance.....	9
1.3. Requerimientos	11
1.4. Justificación	11
2. CARACTERÍSTICAS DE LA C-17.....	13
2.1. Descripción básica.....	13
2.2. Clasificación técnica	15
2.3. Intensidad de circulación	18
2.4. Riesgo de accidentes	24
2.4.1. Estudio EuroRap	24
2.4.1.1. Preámbulo	24
2.4.1.2. Metodología.....	24
2.4.1.3. Resultados de la C-17	26
2.4.2. Análisis de los accidentes producidos	27
3. REDUCCIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD: OBSERVACIONES REALIZADAS Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS	35
3.1. Determinación de los hábitos de conducción de los usuarios, concienciación y percepción del riesgo.....	35
3.1.1. Metodología.....	35
3.1.2. Resultados	37
3.1.2.1. Descripción del usuario	37
3.1.2.2. Estilo de conducción y hábitos.....	40
3.1.2.3. Valoración de la C-17	45
3.1.2.4. Percepción de los factores de riesgo	48
3.1.2.5. Observaciones de los usuarios.....	52
3.2. Análisis de los factores de riesgo observados en la C-17	53

3.2.1.	Observaciones de hábitos de conducción:.....	53
3.2.1.1.	Circulación por el carril izquierdo.....	53
3.2.1.2.	Señalización de maniobras y cambios de carril	54
3.2.1.3.	Distracciones en retenciones.....	55
3.2.1.4.	Exceso de velocidad en condiciones desfavorables	55
3.2.2.	Situaciones detectadas en la vía y en el entorno	56
3.2.2.1.	Trazado peligroso.....	56
3.2.2.2.	Accesos en el tramo Parets – Centelles	56
3.2.2.1.	Retenciones tramo Mollet – Granollers.....	58
3.2.2.2.	Estado del firme en el tramo Parets – La Garriga	58
3.2.2.3.	Riesgo de desprendimientos y sinuosidad del tramo la Garriga – Centelles	59
3.3.	Valoración de las propuestas.....	60
3.3.1.	Líneas de actuación para la reducción de la siniestralidad	60
3.3.1.1.	Plan estratégico de seguridad vial en Catalunya	60
3.3.1.2.	Medidas aplicadas por el SCT.....	63
3.3.1.3.	Medidas aplicadas por el Ministerio del Interior	64
3.3.2.	Propuestas de mejora de la vía	65
3.3.2.1.	Actuaciones proyectadas en el PITA (a largo plazo).....	65
3.3.2.2.	Actuaciones proyectadas a corto plazo.....	66
4.	TECNOLOGÍA APLICADA A LA CONDUCCIÓN	70
4.1.	Información al usuario	70
4.1.1.	Aplicaciones móviles	70
4.1.1.1.	Trànsit	70
4.1.1.2.	RACC Infotransit.....	72
4.1.1.3.	DGT.....	73
4.1.1.4.	Google Maps	75

4.1.2.	Redes sociales	75
4.1.3.	Medios de comunicación	77
4.1.4.	Canales de participación ciudadana	78
4.1.4.1.	Vía directa RACC	78
4.1.4.2.	Plataforma <i>Stop Accidents C-17</i>	79
4.2.	Novedades en sistemas de seguridad activa	79
4.2.1.	Iluminación	79
4.2.2.	Sistemas de frenado	81
4.2.3.	Asistente cambio de carril involuntario	83
5.	IMPACTO AMBIENTAL	84
6.	ORGANIZACIÓN	86
7.	CONCLUSIONES	90
8.	BIBLIOGRAFÍA	93

Figura 1 Recorrido de la carretera C-17	14
Figura 2 Mapa de tramos de la C-17 en función de su clasificación técnica.....	17
Figura 3 Intensidad Media Diaria de la C-17.	20
Figura 4 Mapa de tramos de la C-17 en función de su IMD. 21	
Figura 5 Porcentaje de vehículos pesados en las Red de Carreteras Catalanas de alta capacidad.	22
Figura 6 Mapa de la IMD de la Red de Carreteras Catalanas de alta capacidad.	23
Figura 7 Índice de Riesgo de los tramos de la C-17	26
Figura 8 Accidente producido el 4 de junio de 2017	29
Figura 9 Localización de los últimos desprendimientos	31
Figura 10 Mapa de riesgos geológicos de la zona de La Garriga	32
Figura 11 Zona de los desprendimientos 2 y 4 (mortal)	33
Figura 12 Presentación de la encuesta.....	36
Figura 13 Encuesta: Sexo.....	37
Figura 14 Encuesta: Edad.....	37
Figura 15 Encuesta: Permisos de conducción.	38
Figura 16 Encuesta: Años de experiencia.....	38
Figura 17 Encuesta: Tipo de vehículo habitua.l.....	38
Figura 18 Encuesta: Antigüedad del vehículo.	39
Figura 19 Encuesta: Mantenimiento del vehículo.....	39
Figura 20 Encuesta: Frecuencia de utilización C-17.	39
Figura 21 Encuesta: Respeto límites de velocidad.....	41
Figura 22 Encuesta: Distancia de seguridad.....	41
Figura 23 Encuesta: Manipulación del móvil.	42
Figura 24 Encuesta: Conducción bajo los efectos de alcohol y drogas.	42
Figura 25 Encuesta: Señalización de maniobras.	43
Figura 26 Encuesta: Carril de circulación y adelantamientos.	43
Figura 27 Encuesta: Facilitación de incorporaciones.	44
Figura 28 Encuesta: Concentración de usuarios relativa	46
Figura 29 Encuesta: Testimonios de accidentes	46
Figura 30 Encuesta: Valoración del firme.....	47
Figura 31 Encuesta: Valoración del firme (en mojado)	47
Figura 32 Encuesta: Valoración pintura carretera	47
Figura 33 Encuesta: Valoración fluidez de circulación	48

Figura 34 Encuesta: Valoración trazado	48
Figura 35 Encuesta: Factor de Riesgo estado de la carretera.....	49
Figura 36 Encuesta: Factor de Riesgo humano	49
Figura 37 Encuesta: Factor de Riesgo estado del vehículo.....	50
Figura 38 Encuesta: Factor de Riesgo sistemas de seguridad del vehículo	50
Figura 39 Encuesta: Factor de Riesgo meteorología	50
Figura 40 Encuesta: Factor de Riesgo diseño del trazado	51
Figura 41 Encuesta: Factor de Riesgo densidad de tráfico	51
Figura 42 Encuesta: Opinión sobre los radares	51
Figura 43 Curva Montcada - La Llagosta	56
Figura 44 Acceso a autovía C-17 A	57
Figura 45 Acceso a autovía C-17 B	57
Figura 46 Retención en el tramo Mollet - Granollers	58
Figura 47 Firme tramo Parets - La Garriga	59
Figura 48 Zona de desprendimientos	60
Figura 49 Detalle de la actuación en el enlace C-33/AP-7	67
Figura 50 Obras de acceso a la C-17	68
Figura 51 Pantalla principal Trànsit.....	71
Figura 52 Pantalla principal RACC Infotransit	73
Figura 53 Pantalla principal DGT	75
Figura 54 Perfiles de Twitter	76
Figura 55 Vía directa RACC.....	78
Figura 56 Tecnología de iluminación Laser iLaS.....	80
Figura 57 Rango de alcance del sistema LED + Laser	81
Figura 58 Factores de emisión CO2 y residuos radioactivos.	84
Figura 59 Diagrama de Gantt.....	89

Nota : La figuras que no se indica ninguna referencia bibliográfica son propias.

Tabla 1 Tramos de la C-17 en función de su clasificación técnica.	18
Tabla 2: Índice de Riesgo (IR)	25
Tabla 3 Tramos de mayor concentración de accidentes de Catalunya	27
Tabla 4: Resumen de los últimos accidentes producidos en la C-17	29
Tabla 5: Últimos desprendimientos de rocas en la C-17	30
Tabla 6: Tipología y posibles causas de los accidentes analizados	33
Tabla 7 Objetivos 2020	61
Tabla 8 Presupuesto actuaciones proyectadas en el PITS	66
Tabla 9 Cuadro resumen de electrónica de frenado	83
Tabla 10 CO2 y residuos radioactivos generados	85
Tabla 11 Descripción de tareas	89

Nota : La tablas que no se indica ninguna referencia bibliográfica son propias.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

En este Trabajo Final de Grado se pretende detectar, definir y analizar los diferentes factores de riesgo, desde el punto de vista ingenieril, tanto los humanos como los de vehículo y vía-entorno, que contribuyen en mayor medida a la accidentalidad de la vía C-17. En función de ello, se valorarán las diferentes propuestas proyectadas y se propondrán nuevas alternativas, teniendo en cuenta también el desarrollo de nuevas tecnologías, con el objetivo final de reducir la accidentalidad en esta vía y, en los casos que sean extrapolables, en el resto de vías.

1.2. Alcance

El alcance de este estudio es, en primer lugar, caracterizar de la forma más detallada posible nuestra vía de estudio: la C-17. Mediante la recopilación de información se realizará un completo análisis, definiendo los siguientes aspectos: tipología, trazado, orografía del terreno por la que discurre, comunicaciones con otras vías, poblaciones a las que da servicio, estado de circulación, clasificación de su peligrosidad y accidentes producidos. Todo ello, diferenciando los diferentes tramos. En este bloque, se extraerá principalmente la información referida a la vertiente vía-entorno.

Una vez caracterizada esta vía, el estudio se centrará, especialmente, en la determinación del riesgo desde la vertiente del factor humano mediante la elaboración de una encuesta. Con todo ello, ya se podrán analizar todas las propuestas a aplicar para la reducción de la accidentalidad vial. De ellas, se incluirán tanto las medidas generales en materia de seguridad vial (enfocadas principalmente en el factor humano) y las específicas de aplicación en la vía de estudio (referidas a la vertiente vía-entorno).

Posteriormente, se recopilará información sobre las tecnologías de ayuda al conductor desde dos puntos de vista distintos: la información y la seguridad activa en el vehículo. En el primer caso, se analizarán las distintas maneras que tiene un conductor para informarse del estado de la vía y conocer sus puntos críticos (vertiente vía-entorno), y por otro lado,

las tecnologías de seguridad activa que minimizan el riesgo de accidentalidad desde la vertiente vehículo.

Para concluir el estudio, se realizará una síntesis de todos los resultados obtenidos, los cuales se podrán interrelacionar entre sí para poder determinar líneas de actuación generales desde las tres vertientes principales: el factor humano, la vía-entorno y el vehículo.

La metodología para la consecución del objetivo y para el cumplir el seguimiento establecido en el alcance se basa en los siguientes puntos:

- Toma de datos:
Obtención de información a partir de fuentes oficiales del Estado y de la *Generalitat de Catalunya* siempre que sea posible, como por ejemplo todo lo referente a datos de caracterización de la vía, planes de seguridad vial, proyectos de actuación en la vía u otro tipo de medidas publicadas en documentos como el BOE, el DOGC, notas de prensa del Ministerio o del *Departament* correspondientes.

En referencia a la accidentalidad, se obtendrá información de los estudios más relevantes, los cuales se utilizan como referentes para las administraciones en el momento de definir sus actuaciones. En el caso de accidentes concretos en la C-17, se recopilará información de los medios de comunicación que hacen referencia a ello, siempre contrastando las diferentes fuentes con tal de poder validar la información.

La fuente principal para obtener la información sobre vertiente del factor humano, será una encuesta para los usuarios de esta vía, y para los conductores en general en aquellas cuestiones extrapolables, que será elaborada con la finalidad de extraer la información más amplia posible.

Para finalizar, en el caso de tecnologías de ayuda al conductor, se estudiarán todas aquellas que son referencia en su ámbito y están en continuo desarrollo para su mejora continuada.

- Observaciones en primera persona:

Debido a mi condición laboral, diariamente circulo por la vía C-17 en un tramo de 46 Km contabilizando ida y vuelta. Esta circunstancia me permite recopilar y procesar una gran multitud de información sobre las tres vertientes (factor humano, vehículo y vía-entrono). Estas observaciones refuerzan mi conocimiento en este ámbito. Todos aquellos aspectos que crea relevantes serán incluidos y podrán ser aplicados a todas las secciones de este estudio.

- Análisis:

Para realizar los análisis, siempre se tendrá en cuenta toda la información de la cual se dispone, siendo sintetizada previamente con las ideas estrictamente fundamentales y necesarias para su desarrollo, y se intentará relacionar entre sí para obtener un punto de vista más amplio. Además, se completarán con las observaciones anteriormente mencionadas.

1.3. Requerimientos

Al tratarse de un estudio, y no incluir ningún proyecto a desarrollar e implementar, no hay presente ningún tipo de requisito técnico, legal o económico que se deba satisfacer.

1.4. Justificación

A día de hoy, uno de los problemas más apremiantes de las sociedades modernas son los accidentes de tráfico y las consecuencias que acarrearán tanto a las víctimas como a los familiares. Ello se debe a dos motivos principales:

El primero de ellos, es el gran número de personas que se ven implicadas o pueden verse. Cualquiera de nosotros se desplaza con mucha frecuencia mediante algún vehículo que circule por las carreteras, ya sea como conductor o como ocupante, o bien, sale a la calle.

Tanto en el primer caso como en el segundo, se trata de posibles víctimas en un accidente (en un vehículo o como peatón), con la cual cosa casi nadie está a salvo de sufrir uno.

El otro motivo, son las graves consecuencias que comportan a la víctima, que en muchos casos implica una lesión irreversible o incluso la muerte. A este aspecto se suma el agravante que supone para el entorno de la víctima.

La combinación de estos dos factores, crea un binomio muy peligroso que hace que sea una de las principales preocupaciones, por parte de la administración, reducir la siniestralidad. Para ello, también es primordial la investigación en este ámbito, tanto desarrollos de tecnologías aplicadas al campo de la seguridad vial, como análisis de los factores de riesgo que influyen en ella.

En este estudio, se trata de hacer una aportación útil para contribuir a la reducción de la accidentalidad. Concretamente, se realiza un estudio de los factores de riesgo de la accidentalidad, en este caso, aplicados al ámbito de la vía C-17.

Esta vía, tiene especial interés debido a que cuenta con unas particularidades que la convierten en una autovía potencialmente peligrosa:

- Muy concurrida debido a que discurre por una zona de mucha actividad industrial y a que la alternativa de transporte público principal (corredor ferroviario *Rodalies R3*) es totalmente ineficiente.
- Trazado muy sinuoso en algunos tramos.
- Vía transitada por un número elevado de camiones.
- Tramos con desprendimientos en la calzada (se han producido accidentes mortales).
- Alta tasa de accidentalidad en lluvia.

Recientemente, se ha producido otro accidente con dos víctimas mortales. Es primordial avanzar significativamente en el aspecto de la accidentalidad para minimizar lo máximo posible este suceso.

Como motivación personal, siendo usuario diario de esta vía y conociendo gente muy cercana que también lo es, creo que puedo colaborar, mediante la realización de este estudio, en la reducción de la accidentalidad.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA C-17

En este capítulo, se pretende caracterizar, lo más detalladamente posible, la autovía C-17.

En primer lugar, se describirán aspectos de clasificación general como su trazado, el tipo de vía o la intensidad media de circulación.

Posteriormente, se analizan distintos indicadores de accidentalidad de la autovía C-17 en base al informe de referencia en este aspecto: el Estudio EuroRAP. Para ello, se hará una explicación del procedimiento que siguen para obtener los indicadores característicos de accidentalidad, con los cuales se determina cuantitativamente el riesgo. Una vez conocida la metodología, se mostrarán los resultados de la vía C-17 en este estudio y si esta contiene algún tramo de riesgo o algún punto negro. Este último aspecto es de gran relevancia, puesto que la administración intensifica las actuaciones de mejora en caso de que un tramo sea de estas características.

Finalmente, se procederá a realizar un análisis de la tipología de los accidentes producidos en la C-17 más recientes mediante un recopilatorio de todas aquellas informaciones publicadas en prensa. A partir de ello, también se obtendrá información sobre los tipos de vehículo implicados, las posibles causas, los tramos más críticos y otros datos relevantes para poder describir completamente la vía de estudio

2.1. Descripción básica

La C-17 es una carretera de 97 Km de longitud que une las localidades Barcelona y Ripoll. El punto kilométrico 0 se sitúa al final de la Av. Meridiana de Barcelona, donde también inician su recorrido las autopistas C-33, C-58.

Partiendo desde ese punto, discurre en dirección norte, prácticamente siguiendo el mismo trazado que la autopista C-33 y el Río Besòs pasando por la periferia de las localidades de Montcada i Reixac, Ripollet, La Llagosta y Mollet del Vallès. A continuación, a la altura de Parets del Vallès, la vía tiene conexión con las autopistas C-33 y AP-7. Continuando su recorrido, dejando a su derecha (En sentido ascendente) la población de Granollers, la

autovía avanza prácticamente en línea recta hasta la Garriga. A partir de este punto, se adentra en una zona montañosa, en la parte oeste del macizo montañoso del Montseny, discurriendo por un trazado sinuoso a la par con el Congost (afluente del río Besòs) hasta llegar a la altura de Centelles, ya en la comarca de Osona. El siguiente tramo avanza por la plana de Vic, con un trazado recto y de curvas de amplio radio que llega hasta la zona de Manlleu. Finalmente, la última parte de trazado, que concluye en Ripoll, discurre a través del valle del Ter, por una zona orográfica compleja en pleno Prepirineo, por ello la infraestructura está dotada de varios viaductos y túneles (15 en su totalidad).



Figura 1 Recorrido de la carretera C-17 [5]

Esta vía cuenta con dos carriles por sentido, exceptuando el último tramo de 3 Km de longitud que cuenta con una única calzada de doble sentido. El límite de velocidad máximo de la vía es de 100 Km/h.

Esta infraestructura forma parte de la *Xarxa bàsica de carreteres de Catalunya*, de la cual es titular la *Generalitat de Catalunya*. Anteriormente, formaba parte de la red de carreteras nacionales del Estado con la denominación de N-152, hasta que se traspasó a la *Generalitat* en 1979 en aplicación del estatuto de autonomía. No obstante, la denominación de C-17 no se aplicó hasta 1999, cuando se aprobó la nueva codificación para la red de carreteras catalanas [1].

La circulación por esta vía es gratuita en la totalidad de su recorrido. Sin embargo, el tramo comprendido entre Centelles y Ripoll (PK 44+100 a PK 92+120) está concesionado a la empresa Cedinsa (desde el año 2006), la cual se encargó de la obra de nueva construcción para completar el desdoblamiento en este tramo además de reformar la vía existente (obras finalizadas en 2011). Es por ello que existe el denominado “Peaje a la sombra”, donde la administración paga por cada vehículo que circula 0,0340 €/Km, o bien 0,0476 €/Km si se trata de un vehículo pesado [2]. La concesión finaliza en 2039.

2.2. Clasificación técnica

Según los criterios establecidos por la Ley de Carreteras (decreto legislativo 2/2009), las vías cuya titularidad es de la Generalitat de Catalunya se pueden clasificar en tres grandes grupos: Autopistas, vías preferentes y carreteras convencionales [3].

- Las **Autopistas** son todas aquellas vías destinadas exclusivamente a la circulación de automóviles, y señalizadas como tal, que presentan las siguientes características:
 - No hay un acceso directo a las propiedades colindantes, y sus incorporaciones y salidas están dispuestas de carriles de aceleración y de desaceleración respectivamente.
 - No se cruzan a nivel con ninguna vía de comunicación.
 - Tienen calzadas diferentes para cada sentido de circulación.

- Las **Vías preferentes** son las carreteras con una o más calzadas con limitación de accesos colindantes y con enlaces a distinto nivel.
- Las **Carreteras convencionales** son el resto de vías que no reúnen las características de los dos grupos anteriores.

Con los criterios expuestos anteriormente, la C-17 es una vía que a lo largo de su recorrido cuenta con 3 tipos de tramos diferentes. En total, existen 5 tramos:

- Tramo 1:
Inicio: Barcelona (Av. Meridiana) PK 0,00
Fin: Montcada i Reixac (Soterramiento) PK 4,45
Tipo: Carretera Convencional Doble Calzada Carriles: 2+2
- Tramo 2:
Inicio: Montcada i Reixac (Soterramiento) PK 4,45
Fin: Parets del Vallès (enlace C-33) PK 16,43
Tipo: Vía Preferente Doble Calzada Carriles: 2+2
- Tramo 3:
Inicio: Parets del Vallès (enlace C-33) PK 16,43
Fin: Centelles (inicio concesión) PK 45,43
Tipo: Carretera Convencional Doble Calzada Carriles: 2+2
- Tramo 4:
Inicio: Centelles (inicio concesión) PK 45,43
Fin: Enlace C-26 (fin concesión) PK 93,54
Tipo: Vía Preferente Doble Calzada Carriles: 2+2
- Tramo 5:
Inicio: Enlace C-26 (fin concesión) PK 93,54
Fin: Ripoll N-260 PK 96,88
Tipo: Carretera convencional Calzada única Carriles: 2
(1 por sentido)



Figura 2 Mapa de tramos de la C-17 en función de su clasificación técnica. [6]

Tramo	Origen	PK real	Fin	PK real	Clasificación Técnica		Organismo
1	C-33/C-58, Barcelona	0,00	Montcada i Reixac (soterramiento)	4,45	Carretera Convencional	Doble calzada 2 + 2 carriles	STCB ¹
2	Montcada i Reixac (soterramiento)	4,45	C-33, Parets	16,43	Carretera Preferente	Doble calzada 2 + 2 carriles	
3	C-33, Parets	16,43	Centelles (inicio concesión)	45,43	Carretera Convencional	Doble calzada 2 + 2 carriles	
4	Centelles (inicio concesión)	45,43	Límite Provincial BCN-GIR	86,79	Carretera Preferente	Doble calzada 2 + 2 carriles	
	Límite Provincial BCN-GIR	86,79	C-26 (final concesión)	93,54			
5	C-26, (final concesión)	93,54	N-260, Ripoll	96,88	Carretera Convencional	Calzada única 2 carriles (1 por sentido)	STCG ²

Tabla 1 Tramos de la C-17 en función de su clasificación técnica. [4]

2.3. Intensidad de circulación

La autovía C-17 es uno de los principales viales de acceso a la ciudad de Barcelona, como también lo es de salida. Además, comunica las localidades más importantes del Vallès Oriental, tiene conexión con otras vías de gran capacidad (AP-7, C-33, Av. Meridiana y Rondas en Barcelona) y es vía de acceso a diferentes polígonos industriales de la zona del Vallès. Por otro lado, también comunica a Barcelona con las poblaciones de la Catalunya Central y parte del Prepirineo. Es importante destacar que el corredor de ferrocarril que discurre prácticamente a la par con la C-17, la línea R3 de *Rodalies*, no es viable en la mayoría de casos como alternativa de transporte público debido a sus holgados tiempos de espera y larga duración de trayecto. Teniendo en cuenta que la segunda alternativa de transporte público es el autobús, la C-17 monopoliza prácticamente los desplazamientos más efectivos en esta zona.

¹ SCTB: Servei Català de Trànsit Barcelona

² SCTG: Servei Català de Trànsit Girona

Es por ello que la C-17 absorbe diariamente una gran cantidad de tráfico, por lo que es habitual que durante las horas punta su circulación en algunos tramos suele ser muy densa e incluso llegar a colapsarse. A esto hay que sumarle los accidentes que se producen a diario, por lo que la C-17 acaba siendo una vía problemática en cuanto a dificultad de circulación se refiere.

Para cuantificarlo, se han recopilado los datos oficiales más recientes posibles sobre la densidad de tráfico. En este caso, se trata de los valores tomados de la IMD³ en 2014 por del *Departament de Territori i Sostenibilitat*. La IMD es una medida que expresa el número de vehículos medio que circula por un determinado tramo en un mismo día. Esta magnitud es la que nos servirá también para comparar la densidad de circulación de la C-17 con otras vías, para poder tener de esta manera una percepción más clara para cuantificar este aspecto.

Los datos a los cuales se ha recurrido corresponden a las IMD de distintos puntos del trayecto. Ordenando esta información, se ha elaborado el gráfico mostrado en la *Figura 3* con todos los tramos punto a punto con las IMD correspondientes e indicando también el punto kilométrico y algunas de las localidades más relevantes que forman parte del trayecto.

Adicionalmente, se han añadido también los datos referentes a vehículos pesados, para visualizar mejor que partes del trayecto cuentan con más tráfico de camiones y para compararlo también con otras vías.

³ IMD Intensidad Media Diaria: Número medio de vehículos que circulan por un determinado tramo durante un período de 24 horas.

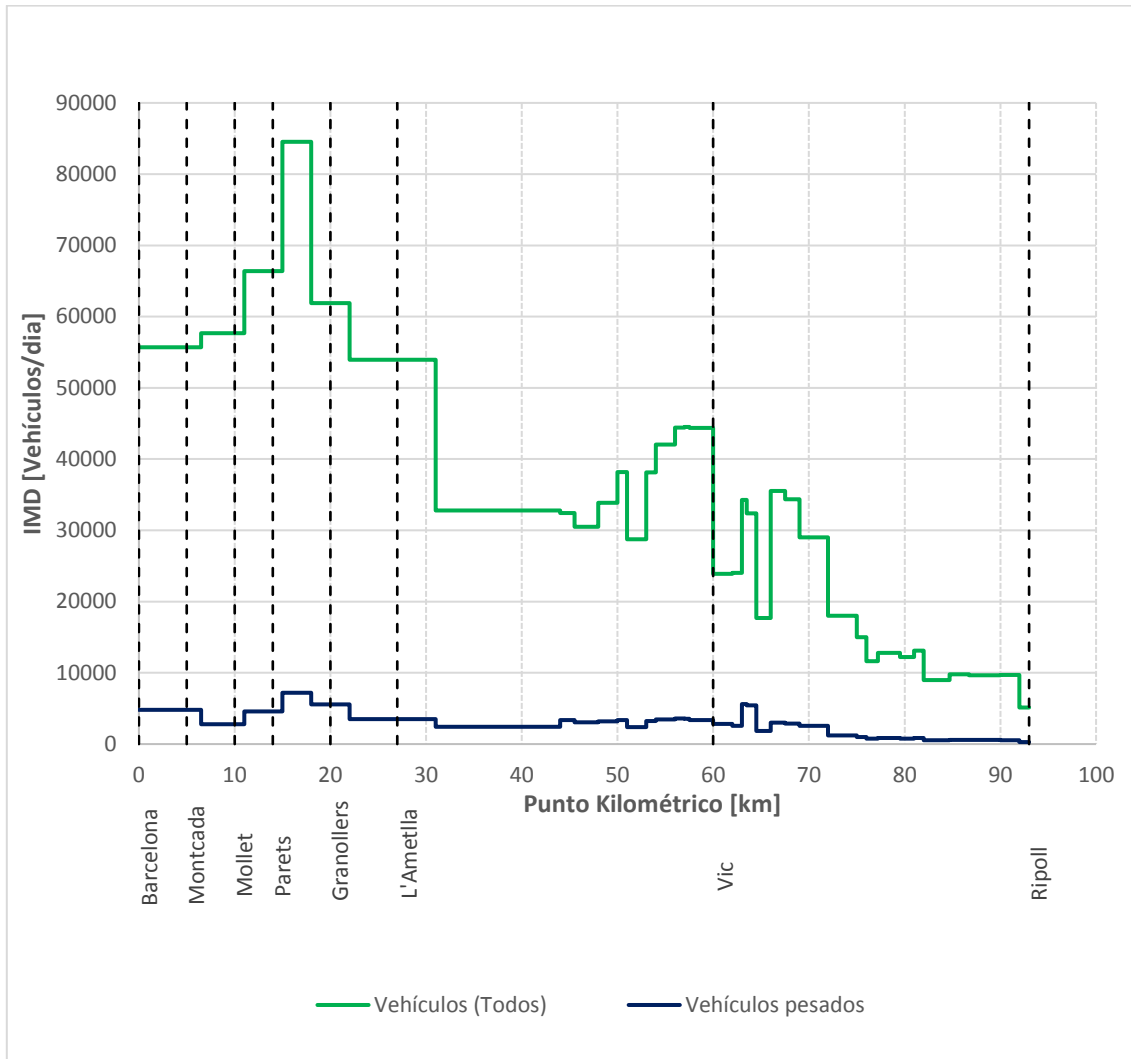


Figura 3 Intensidad Media Diaria de la C-17.

Elaboración propia a partir de [5]

Analizando el gráfico de la *Figura 3*, podemos observar como de Barcelona hasta el PK 30, aproximadamente a la altura de l'Ametlla del Vallès y La Garriga, la intensidad de circulación se encuentra entorno los 55.000 vehículos diarios. Sin embargo, en la parte media de este tramo, nos encontramos con el pico de intensidad más pronunciado de todo el recorrido llegando a los 85.000 vehículos diarios. Este tramo de alta intensidad corresponde al que discurre entre Mollet y Granollers, aproximadamente, dónde se encuentran los accesos e incorporaciones de las autopistas AP-7 y C-33, además de la carretera C-59, conexión con diferentes núcleos urbanos más alejados como Martorelles, Montmeló o Montornès y zonas industriales donde acuden numerosos trabajadores a diario. La siguiente parte de ruta, presenta una intensidad notablemente inferior con casi 35.000 vehículos diarios. Al llegar a

las inmediaciones de Vic, la IMD asciende a unos 45.000 vehículos por día, de la cual cosa se deduce que este incremento es debido a los desplazamientos cortos entre esta ciudad y las localidades próximas. Otro de los motivos que hace incrementar la IMD en la zona de Vic es que en una parte del tramo la calzada es compartida con la C-25 (Eje Transversal), enlazando directamente la una con la otra. Finalmente, la intensidad de vehículos disminuye por debajo de los 10.000 diarios, llegando a Ripoll.



Figura 4 Mapa de tramos de la C-17 en función de su IMD. [6]

En cuanto a la circulación de vehículos pesados, esta sigue un patrón prácticamente idéntico a la del total de vehículos. El porcentaje de estos, respecto el total, oscila entre valores comprendidos entre un 5% y un 10%. Sí comparamos estos valores con el de otras vías de alta capacidad, tal y como se muestra en la Figura 5, por ejemplo, en tramos de la autopista AP-7 o la autovía C-25, este porcentaje alcanza un 40%, concluimos que la C-17 no es de las más concurridas por vehículos pesados, en términos relativos respecto el total.



Figura 5 Porcentaje de vehículos pesados en las Red de Carreteras Catalanas de alta capacidad. [7]

Finalmente, como se puede apreciar en I la intensidad de circulación de nuestra vía de estudio es comparable al resto de vías de alta capacidad del área metropolitana de Barcelona, aunque no llega a los altos niveles de circulación de vías como la A-2, B-10, B-20, B-23, C-32 y C-58, que por otro lado disponen de 3 o más carriles por sentido y por lo tanto están dotadas de una mayor capacidad.



Figura 6 Mapa de la IMD de la Red de Carreteras Catalanas de alta capacidad. [8]

2.4. Riesgo de accidentes

2.4.1. Estudio *EuroRap*

2.4.1.1. Preámbulo

Anualmente, la asociación europea *European Road Assessment Programme* (EuroRAP) elabora conjuntamente con el *Reial Automòbil Club de Catalunya* (RACC), el *Servei Català de Trànsit*, el *Departament de Territori i Sostenibilitat* y la *Diputació de Barcelona* un estudio de la accidentalidad de la red de carreteras de Catalunya. Esta entidad, sin ánimo de lucro, se asocia con el apoyo de las asociaciones de automóviles y administraciones de cada lugar para poder elaborar dichos estudios, con el objetivo de mejorar continuamente en aspectos de seguridad vial y así contribuir a la reducción, en la mayor medida posible, de los accidentes.

En el caso que nos ocupa, el estudio del *EuroRAP* en Catalunya se lleva elaborando desde 2002. La edición más reciente es la 15ª, de 2016. No obstante, la lista completa de tramos de riesgo más reciente es la de 2015 (referida a datos de 2014), por lo que se utilizará ésta última para el análisis de los datos sobre accidentalidad vial⁴ [9].

2.4.1.2. Metodología

Los datos a partir de los cuales se realiza el estudio, son los proporcionados por las administraciones públicas, tanto los de accidentes como los de Intensidad Media Diaria.

Para hacer la clasificación de tramos, *EuroRAP* utiliza dos variables diferentes: El riesgo de accidentalidad y la concentración de accidentes.

La primera de ellas se define como el riesgo de sufrir un accidente grave en un tramo definido de una vía. Para que un tramo con riesgo de accidente sea considerado como tal, ha de cumplir las siguientes condiciones:

- Intensidad Media Diaria (IMD) superior a los 5.000 vehículos/día.
- Longitud superior a 5 Km.

⁴ Anexo: 1. Listado EuroRAP 2015 Catalunya.

- Al menos un accidente con víctimas mortales o heridos graves durante los últimos dos años.

El grado de riesgo, denominado índice de riesgo (IR), se calcula mediante la metodología establecida por el *Transport Research Laboratory* (TRL). Éste se establece únicamente contabilizando el número de accidentes mortales y graves que suceden durante 3 años en un tramo por cada 1 000 millones de vehículos por kilómetro y año. Dicho de otra manera, el índice de riesgo (IR) sería el número total de accidentes graves o mortales, que ocurrirían en cada kilómetro de tramo si su intensidad de circulación IMD fuese la correspondiente a la circulación de 1000 millones de vehículos al año.

$$IR = \frac{10^9 \cdot A}{365 \cdot IMD \cdot L} \quad \left[\frac{\text{accidentes}}{\text{año}} \right]$$

A: N° de accidentes promedio que han sucedido en un tramo durante 1 año, la media se realiza con los datos de accidentes de los 3 últimos años. [accidentes/año].

IMD: Intensidad Media diaria, N° de vehículos promedio que circulan por un tramo durante un día. [vehículos/día].

L: Longitud del tramo. [km].

Como aclaración, se considera accidente mortal aquel que implica al menos una persona fallecida hasta 24 horas después de su consecución, o bien grave, si se produce una hospitalización superior a las 24 horas posteriores al accidente.

Según los valores del índice de riesgo (IR) se establece la siguiente clasificación mostrada en la *Tabla 2*.

Bajo	$0.0 < IR < 7.5$
Bajo/Medio	$7.5 < IR < 30.8$
Medio	$30.8 < IR < 53$
Medio/Alto	$53 < IR < 90$
Alto	$IR > 90$

Tabla 2: Índice de Riesgo (IR) Elaboración propia a partir de [10]

En segundo lugar, la concentración de accidentes es simplemente el cociente entre el número de accidentes mortales o graves, para cada tramo ya determinado en el apartado anterior, y la longitud de este (expresada en Km).

$$CA = \frac{A}{L} \quad \left[\frac{\text{accidentes}}{\text{año} \cdot \text{Km}} \right]$$

2.4.1.3. Resultados de la C-17

A continuación, se muestran todos los tramos de la C-17 que se incluyen en el listado de *EuroRAP*, ordenado de mayor a menor índice de riesgo.

Inicio Tramo	Fin Tramo	Longitud [Km]	Accidentes	IMD [vehic/día]	IR		CA
La Garriga	Els Hostalets de Balenyà	14,6	4,33	32338	25,1	Bajo/Medio	0,30
Mollet del Vallés	Lliçà de Vall	8,3	4,33	61730	23,2	Bajo/Medio	0,52
Barcelona	Mollet del Vallès	10,0	4,00	52634	20,8	Bajo/Medio	0,40
Lliçà de Vall	La Garriga	13,0	4,33	48538	18,8	Bajo/Medio	0,33
Els Hostalets de Balenyà	Inicio variante Vic	11,6	1,67	37102	10,6	Bajo/Medio	0,14
Les Masies de Voltregà	Ripoll	29,1	1,00	11996	7,8	Bajo/Medio	0,03

Figura 7 Índice de Riesgo de los tramos de la C-17 Elaboración propia a partir de [9] y [5]

Como podemos observar, todos los tramos de nuestra vía de estudio obtienen un rango de IR que los clasifica como de Bajo/Medio riesgo. De todos ellos, el que mayor índice tiene es el comprendido entre La Garriga y Els Hostalets de Balenyà.

En cuanto a concentración de accidentes se refiere, el coeficiente más alto corresponde al tramo Mollet-Lliçà de Vall, con una tasa de 0,52 accidentes graves o mortales por kilómetro en un año. Nótese que, en esta parte del recorrido, se encuentra la mayor intensidad de

vehículos, presentando el pico de IMD justamente en estos kilómetros (85.000 vehículos/día) tal y como se comenta en el capítulo anterior. Como aspecto relevante, este es el sexto tramo con la concentración de accidentes más elevada de Catalunya. En este caso, disponemos de los datos de 2015 (Estudio *EuroRAP* 2016). [11]

Els trams amb més concentració d'accidents de Catalunya

Carretera	Inici de tram	Fi de tram	Long.	Tipus de via	Demarcació	IMD	Acc. MIFG / Km
C-58	Barcelona (X C-33, X C-17)	Cerdanyola del Vallès(X A-P7)	7,1	Xarxa Bàsica	Barcelona	150.791	0,94
B-10	Nus de la Trinitat	Enllaç B-20, A-2, C-32	19,8	Xarxa Bàsica	Barcelona	98.061	0,67
A-2	Enllaç amb AP-2	Enllaç B-20, B-10, C-32	6,6	Xarxa Bàsica	Lleida	123.656	0,60
C-31	El Prat del Llobregat (X C-32B, X C-31C)	L'Hospitalet (Gran Via, límit TM Barcelona)	7,4	Xarxa Bàsica	Barcelona	83.881	0,59
C-58	Terrassa (X B-120)	Vacarisses (X C-16)	8,6	Xarxa Bàsica	Barcelona	21.324	0,58
C-17	Mollet del Vallès (X C-59)	Llicà de Vall (X C-155)	8,3	Xarxa Bàsica	Barcelona	63.410	0,52
N-150	Cerdanyola del Vallès (X A-P7, X C-58)	Sabadell (X C-1413a)	7,1	Xarxa Comarcal	Barcelona	20.968	0,52
C-32 (inc. B20)	Sitges (X C-246)	Esplugues (X B-23)	20,6	Xarxa Bàsica	Barcelona	87.301	0,50
N-II	Montgat, rotonda del Mil·leni (B-20)	Enllaç Mataró sud amb C-32	11,7	Xarxa Bàsica	Barcelona	32.145	0,46
B-20	Enllaç amb B-10 / C-58	Enllaç amb C-32 / N-II	9,7	Xarxa Bàsica	Barcelona	66.812	0,45

Es tenen en compte els trams de IMD>5.000, long.>5km

*Acc. MIFG / km= Mitjana anual d'accidents mortals i greus dividit per la longitud del tram.

Tabla 3 Tramos de mayor concentración de accidentes de Catalunya [11]

Tal y como pasa en el caso de la C-17, la resta de tramos que ocupan el lugar en lo más alto de esta lista corresponden a altos niveles de intensidad de circulación. Es por ello que, en la mayoría de casos, se trata de las vías de alta ocupación del área metropolitana y corona de Barcelona. No obstante, estos no son considerados tramos de riesgo debido a sus bajos IR.

2.4.2. Análisis de los accidentes producidos

En la *Tabla 4*, se muestra un resumen de diferentes accidentes producidos durante el 2016 y 2017 (hasta la fecha) que han aparecido publicados hasta la fecha en diferentes medios de comunicación. Mucha de la información disponible en los medios está incompleta, por lo

que algunos de los accidentes expuestos a continuación no contienen toda la información, pese a ser contrastados con diversas fuentes disponibles. Sin embargo, a partir de estos datos, se puede extraer suficiente información para determinar la tipología de los accidentes⁵.

Además, los únicos accidentes reportados como tal, son aquellos en los que hay atestados. Por lo que no aparecen todos los producidos realmente.

Fecha	PK	Ubicación	Vehículos Implicados	Víctimas			Descripción	Cond. Meteor.
				HL	HG	M		
14/12/15	32	Garriga Figaró	1 camión	0	0	0	Salida de vía al esquivar un vehículo averiado en el lateral	-
03/02/16	-	Canovelles	1 camión	0	0	0	Salida de vía. Precipitándose por la valla	-
20/03/16	43	Seva	2 turismos	5	2	1	Choque.	
01/04/16	19	Lliçà d'Amunt	1 camión 1 turismo	2	0	0	Embestida camión a turismo	Lluvia
01/04/16		Tagamanent	1 turismo	-	-	-	Patinada	Lluvia
19/07/16	18	Lliçà d'Amunt	2 camiones 1 turismo	0	0	0	-	-
31/08/16	2	Montcada i Reixac	1 tráiler 1 moto	0	1	0	-	-
29/09/16	39	Tagamanent	-	0	1	1	Desprendimiento de una roca	-
29/09/16	17	Lliçà de Vall	1 turismo	1	0	0	-	-
04/11/16	51	Tona	1 turismo 1 furgoneta	0	2	0	Impacto con mediana y posterior embestida de un segundo vehículo	-
21/11/16	-	L'Ametlla	-	0	0	0	Choque	Lluvia
21/11/16	-	Balenyà	-	0	0	0	Salida de vía	Lluvia
21/11/16	-	Tagamanent	-	0	0	0	-	Lluvia
21/11/16	-	Malla	-	0	0	0	-	Lluvia
21/11/16		La Garriga	-	0	0	0	-	Lluvia

⁵ Los artículos de prensa, a los cuales se hace referencia, se encuentran en el anexo en la sección accidentes.

Fecha	PK	Ubicación	Vehículos Implicados	Víctimas			Descripción	Cond. Meteor.
				HL	HG	M		
22/11/16	5	Montcada i Reixac	1 turismo	1	0	0	Salida de vía	-
22/01/17	39	Tagamanent	1 turismo	0	0	0	Vuelco	Lluvia
22/01/17	38	Tagamanent	1 turismo	0	0	0	Patinada	Lluvia
11/02/17	-	Vic/C-25	-	0	0	0	Choque	-
24/02/17	40	Tagamanent	-	0	0	0	Vuelco	Lluvia
24/02/17	40	Tagamanent	-	0	0	0	Vuelco	Lluvia
03/03/17	40	Tagamanent	1 turismo	0	0	0	Embestida desde incorporación. Positivo en cocaína	-
02/05/17	23	Canovelles	1 camión	1	0	0	Vuelco	-
04/06/17	33	Figaró	1 microbús 1 turismo	18	4	2	Choque dentro del túnel de Figaró.	-

HL: Heridos leves HG: Heridos graves M: Muertos

Tabla 4: Resumen de los últimos accidentes producidos en la C-17 Fuente: ver anexo: Accidentes.



Figura 8 Accidente producido el 4 de junio de 2017 [12]

A partir de la información anterior, se puede distinguir claramente una parte de la autovía crítica donde se produce un mayor número de accidentes: el tramo de la Garriga hasta Centelles (PK 32 a PK 45), que discurre por el valle del Congost, de naturaleza montañosa y con un trazado que sigue una trayectoria sinuosa. En segundo lugar, también se diferencian claramente los accidentes por pérdida de control en lluvia (salidas de vía, patinadas, choques y vuelcos).

En esta recopilación, también hay un claro ejemplo de falta de concienciación: conducción bajo los efectos de las drogas. En ese caso concreto, un conductor provoca un accidente a otro vehículo que circula correctamente. En adición, cabe destacar que en varios de los accidentes recogidos hay camiones involucrados, tanto en salidas de vías o vuelcos como en choques con otros vehículos.

Para finalizar este bloque, hay que hacer mención a los desprendimientos de rocas que se han producido en la C-17 y el riesgo que ello supone. Por el momento, este hecho ya se ha cobrado una víctima mortal. Los desprendimientos más recientes que se han producido, aunque algunos de ellos no han acarreado ningún accidente, se enumeran en la *Tabla 5* y se representa su localización en la *Figura 9*.

	Fecha	PK	Localidad	Víctimas mortales
1	15/12/2014	38,5	Tagamanent-Aiguafreda	0
2	02/11/2015	39,0	Tagamanent-Aiguafreda	0
3	22/12/2015	38,5	Tagamanent-Aiguafreda	0
4	29/09/2016	39,0	Tagamanent-Aiguafreda	1
5	02/10/2016	36,0	Figaró-Tagamanent	0
6 ⁶	26/04/2017	33,0	La Garriga/Figaró	0

Tabla 5: Últimos desprendimientos de rocas en la C-17

Elaboración propia a partir de Anexo: Accidentes

⁶ Posteriormente, se concluyó que la roca del desprendimiento era un bloque de hormigón proveniente de una obra.

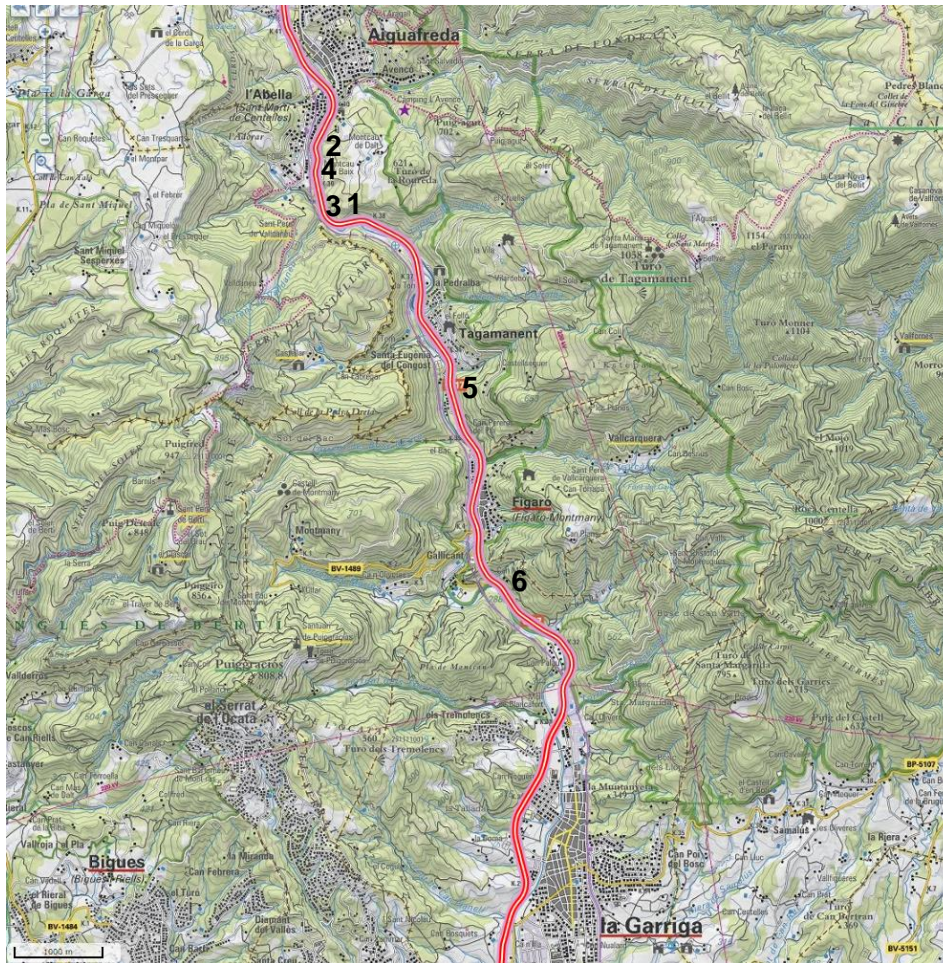


Figura 9 Localización de los últimos desprendimientos

Mapa orogràfic [5]

El Instituto Cartográfico de Catalunya ha elaborado mapas de riesgos geológicos en distintas partes de la orografía catalana. Una de esas zonas, es la comprendida en la zona de la Garriga, de la cual existe dicho mapa elaborado en 2016. En ella, localizamos dos de los últimos desprendimientos: el 5 y el 6. Las zonas coloreadas, con una escala que va desde el amarillo hasta rojo, corresponden al nivel de riesgo geológico de más bajo a más alto respectivamente. Tal y como se puede apreciar en Figura 10 Mapa de riesgos geológicos de la zona de La Garriga , la parte derecha de la autovía (sentido ascendente) entra en contacto con una franja montañosa con cierto riesgo de desprendimientos⁷.

⁷ Anexo: 3. Riesgos geológicos La Garriga



En este punto crítico de la autovía, es dónde se han producido la mayoría de los últimos desprendimientos. Como se puede observar, la separación entre la calzada y el talud es

escasa, además de contar con un arcén prácticamente inexistente. Por consiguiente, cualquier desprendimiento implica la caída de material en plena vía.



Figura 11 Zona de los desprendimientos 2 y 4 (mortal)

Mediante toda la información analizada, se ha elaborado la *Tabla 6*: Tipología y posibles causas de los accidentes analizados, con el tipo de accidentes observados y los posibles factores, o combinación de ellos, a los cuales se pueden deber.

Tipos de accidentes	Posibles causas directas e indirectas
<ul style="list-style-type: none"> • Salidas de vía • Vuelcos • Colisiones entre vehículos • Colisiones con objetos desprendidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad excesiva • Consumo de drogas • Trazado sinuoso • Estado del firme • Concentración al volante • Fallo en sistemas del vehículo • Riesgo de desprendimientos • Lluvia

Tabla 6: Tipología y posibles causas de los accidentes analizados

Estas son, únicamente, las causas detectadas directamente en estos accidentes (con atestados). No cabe duda de que ellos se han debido a la combinación de múltiples factores, que no podemos determinar con exactitud con los datos disponibles en los artículos de prensa, como lo son las distracciones al volante (debidas a la utilización del teléfono móvil, en mayor medida), mal estado de los neumáticos, o cualquier otro mal funcionamiento debido al desgaste de los diferentes elementos del automóvil.

Otros de los factores a tener en cuenta, son todos aquellos relacionados con los tiempos impuestos por parte de las empresas. Cada vez más, la mejora de la productividad es un aspecto de gran relevancia para la competitividad de una empresa. Cumplir con los tiempos exigidos puede llevar, en ocasiones, a situaciones de imprudencia al volante (exceso de velocidad y maniobras peligrosas). Este es el ejemplo de los transportistas, que deben realizar los repartos con muy pocos márgenes de tiempo. También lo es el de todos los empleados que llegan tarde o tienen prisa por cualquier otro motivo.

En estos casos de estrés, se antepone la prioridad de llegar lo más rápido posible al destino y no la seguridad (tanto propia como ajena).

Otras causas que no aparecen listadas, puesto que no hay atestados, son los atropellos a fauna salvaje o doméstica, viento, niebla u otro tipo de fenomenología climática, consumo de fármacos que alteran a la conducción, alcohol y fatiga entre otros.

3. REDUCCIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD: OBSERVACIONES REALIZADAS Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS

Uno de los pilares fundamentales en la accidentalidad, es sin duda alguna, el factor humano. En este capítulo, se pretende extraer la máxima información posible, de los conductores, referida a sus hábitos de conducción, concienciación y percepción del riesgo. Para tal propósito, se ha realizado una amplia encuesta en la que se formulan una serie de preguntas a los conductores. Una vez conocidos los resultados, se procederá a su análisis.

Seguidamente, se expondrán todas las observaciones realizadas en la vía de estudio. Como trabajo de campo, se presentarán todos los aspectos remarcables y fundamentales detectados en la vía, en relación a la accidentalidad. Todo ello, siempre desde el punto de vista del vehículo, de la vía-entorno y del factor humano.

Para finalizar el capítulo, se resumirán las principales propuestas de mejora, tanto las que han sido proyectadas por la administración a largo plazo, como también, las actuaciones en ejecución o previstas para los próximos meses. Para el primer caso, se extraerá información del Plan de Infraestructuras de Transporte de Catalunya (*PITC*) 2006-2026. Para el segundo, se recogerán las publicaciones oficiales de la Generalitat en actuaciones en la autovía

3.1. Determinación de los hábitos de conducción de los usuarios, concienciación y percepción del riesgo

3.1.1. Metodología

La encuesta se ha elaborado pensando en obtener información muy amplia y diversa sobre los conductores. Por ello, se ha optado por un gran número de preguntas que cubrieran todos los aspectos básicos necesarios para definir, con el máximo detalle posible, las actitudes y comportamientos de los conductores. Este objetivo se ha priorizado en frente

de un mayor número de encuestas contestadas, que probablemente se hubiesen obtenido con una encuesta más simple y corta.

Por otro lado, la encuesta no se ha realizado exclusivamente para los usuarios de la C-17. Para ampliar la muestra, hemos considerado que muchas de las preguntas de hábitos de conducción a conductores en general, pueden extrapolarse a los usuarios que circulan por la autovía objeto de estudio. Sin embargo, hay una serie de preguntas concretas destinada únicamente a los conductores de la C-17. Con tal propósito, las preguntas formuladas distinguen dos tipos de usuarios: Los que utilizan la C-17 al menos ocasionalmente y los que no la han utilizado prácticamente nunca. Separada en estos dos tipos de encuestados, las preguntas están estructuradas en diferentes bloques, algunos comunes para todos los usuarios y otros únicamente para uno de los tipos⁸.

A continuación, se muestran dichos bloques, con la explicación de las preguntas que se formulan en ellos y la justificación de las mismas. Posteriormente, se presentan los resultados en formato gráfico.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa



Estudio de la accidentalidad vial en la autovía C-17

La accidentalidad vial es uno de los principales problemas de nuestra sociedad, teniendo en cuenta que afecta a un gran número de personas y que las consecuencias que conlleva pueden ser de carácter muy grave incluso fatal (principal causa de muerte entre los jóvenes).

Este estudio se centra en la accidentalidad de la autovía C-17, la vía que une Barcelona con Ripoll cruzando las comarcas del Vallès Oriental y Osona, una de las principales vías de acceso a la capital catalana y que cuenta con una serie de características que la hacen especialmente peligrosa.

Para completar el estudio, realizamos a continuación una serie de preguntas con dos objetivos: Conocer la opinión de los usuarios sobre los diferentes aspectos de la autovía y también conocer sus hábitos de conducción. Analizando los datos obtenidos se podrá obtener información de gran utilidad, con la finalidad de detectar y definir los aspectos concretos a corregir para reducir lo máximo posible la accidentalidad vial en esta vía.

Este estudio forma parte de un Trabajo Final de Grado en Tecnologías Industriales (UPC), cuenta con el apoyo y colaboración de la plataforma VPE Seguridad Vial y la plataforma Stop Accidents C-17.

Toda la información que se suministre es totalmente anónima y se usará exclusivamente con fines académicos.

Enlace de la encuesta ↓

<https://goo.gl/PCPIHj>



Muchas gracias por su colaboración!

Figura 12 Presentación de la encuesta.

⁸ Anexo: 4. Preguntas encuesta.

3.1.2. Resultados

La encuesta fue difundida personalmente a través de WhatsApp y redes sociales de las cuales dispongo (Facebook) y por la plataforma VPE Seguridad Vial en Facebook que a su vez compartió el enlace con la plataforma *Stop Accidents C-17*.

La encuesta fue respondida completamente por 42 sujetos.

3.1.2.1. Descripción del usuario

En este primer bloque, se formulan una serie de preguntas básicas para clasificar al encuestado: sexo, edad, permisos de conducción, años de experiencia, vehículo habitual, años de antigüedad y estado del mismo. Con ellas, se pretende definir totalmente la tipología de conductor/a.

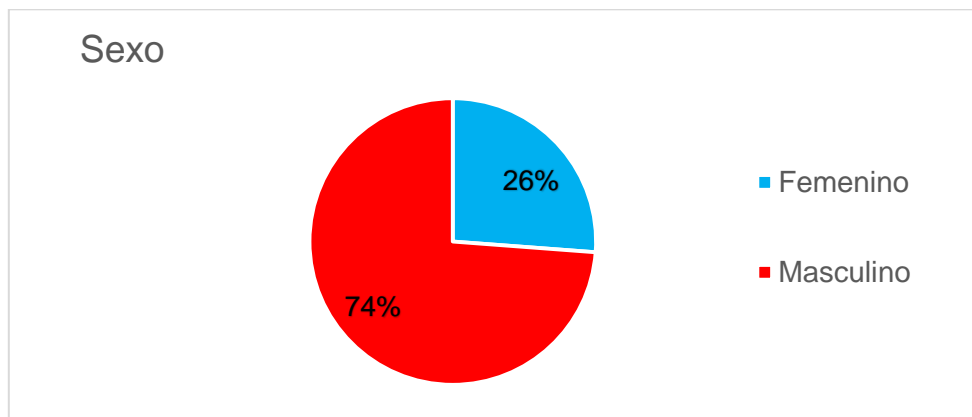


Figura 13 Encuesta: Sexo.

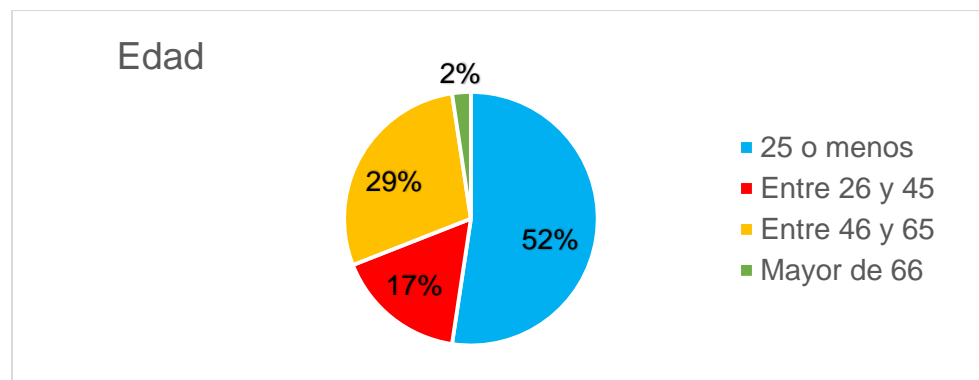


Figura 14 Encuesta: Edad.

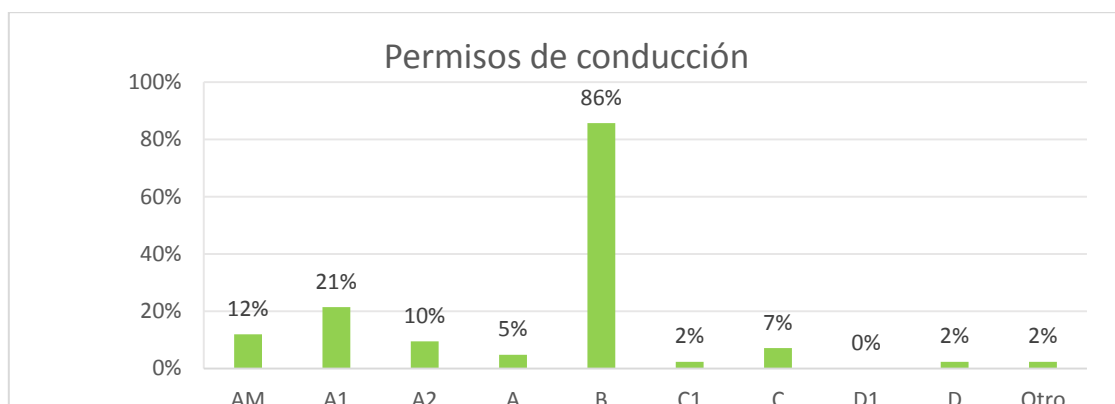


Figura 15 Encuesta: Permisos de conducció.

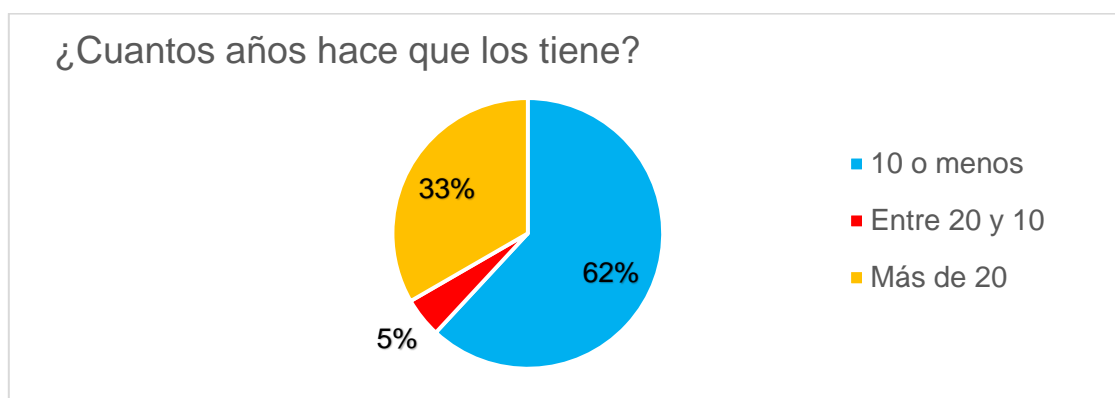


Figura 16 Encuesta: Años de experiencia.

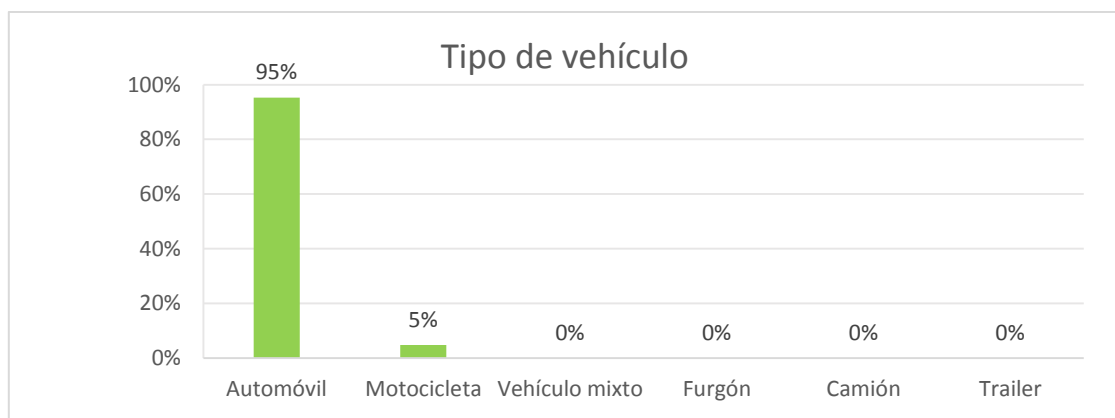


Figura 17 Encuesta: Tipo de vehículo habitual

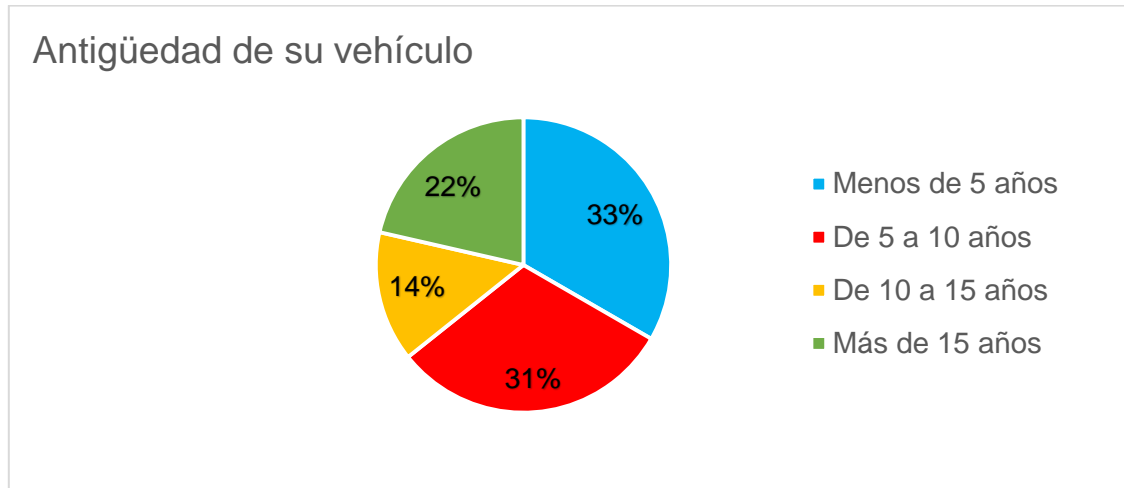


Figura 18 Encuesta: Antigüedad del vehículo.

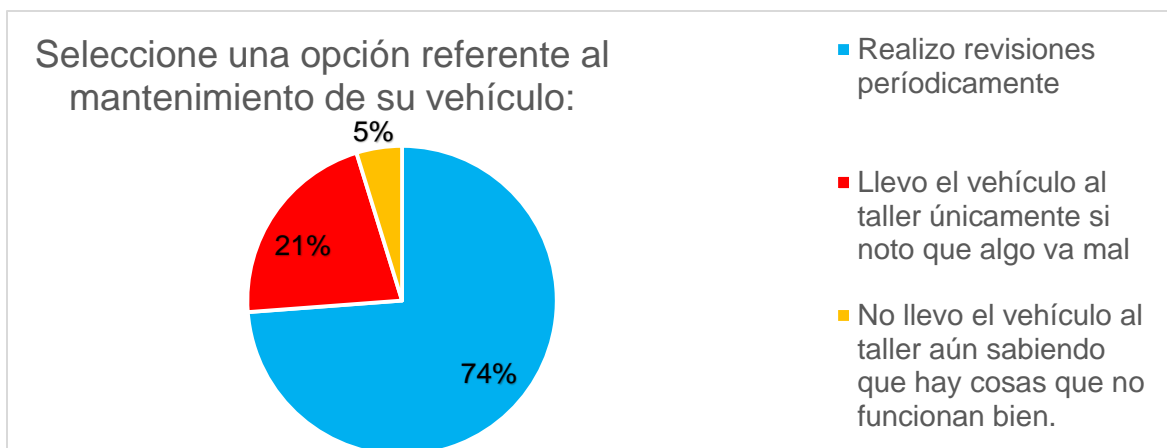


Figura 19 Encuesta: Mantenimiento del vehículo.

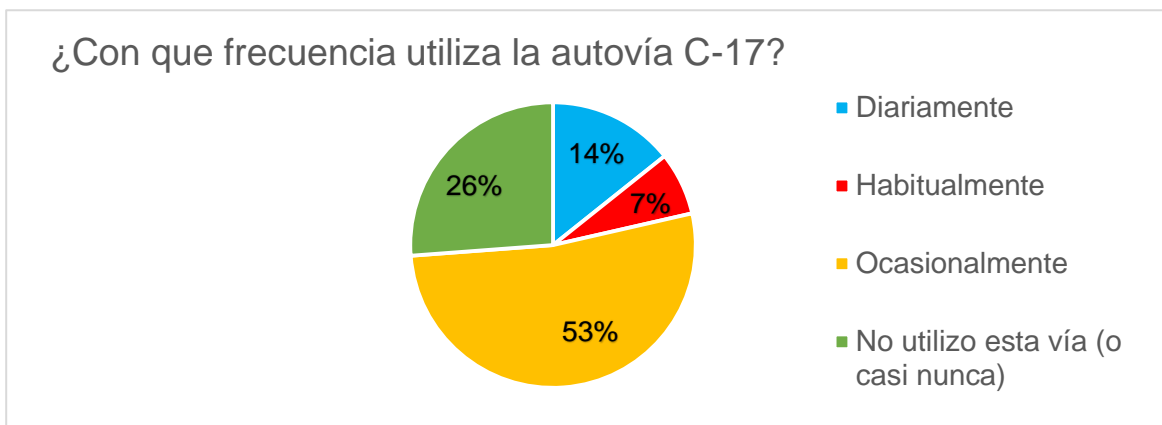


Figura 20 Encuesta: Frecuencia de utilización C-17.

Como puede observarse en los anteriores gráficos, el perfil mayoritario de los encuestados es el de hombre menor de 25 años, consecuentemente con poca experiencia al volante y con el automóvil como principal vehículo, que realiza el mantenimiento correctamente. Otro de los perfiles mayoritarios es el de conductores de entre 46 y 65 años de edad, con más de 20 años de experiencia al volante.

En referencia al parque automovilístico, nos encontramos mayoritariamente con vehículos de menos de 10 años de antigüedad, aunque los resultados están repartidos de forma similar.

Respecto a la utilización de la C-17, la mitad de las personas encuestadas la utilizan ocasionalmente. Una cuarta parte no la ha utilizado o no lo suele hacer.

3.1.2.2. Estilo de conducción y hábitos

En este bloque de preguntas, se exponen una serie de situaciones típicas en la conducción, específicamente en vías rápidas (autovías o autopistas). La formulación de estas preguntas difiere según si el usuario utiliza la C-17 (Diariamente, habitualmente u ocasionalmente) o no la utiliza. En el primer caso se hace referencia a la conducción en la C-17 y en el segundo en autovías/autopistas. Esta es la única diferencia respecto al contenido. Por ello, las respuestas de ambos perfiles de encuestados se combinan entre sí, considerando que los hábitos de conducción en autovías/autopistas son los mismos, independientemente de que vía en concreto se trate.

En referencia al contenido, se preguntan aspectos como el respeto de los límites de velocidad y la distancia de seguridad, la manipulación de dispositivos móviles al volante o la conducción bajo los efectos del alcohol y sustancias estupefacientes. También se preguntan aspectos relacionados con la educación vial del conductor, como lo son la señalización de las maniobras, la circulación por el carril correcto y la facilitación de las maniobras a otros conductores.

Con los resultados de esta parte, se puede detectar mediante un análisis de las respuestas, todas aquellas actitudes incorrectas de los usuarios que más mayoritarias, las cuales suponen incrementar notablemente el riesgo de sufrir o provocar una situación de accidente.

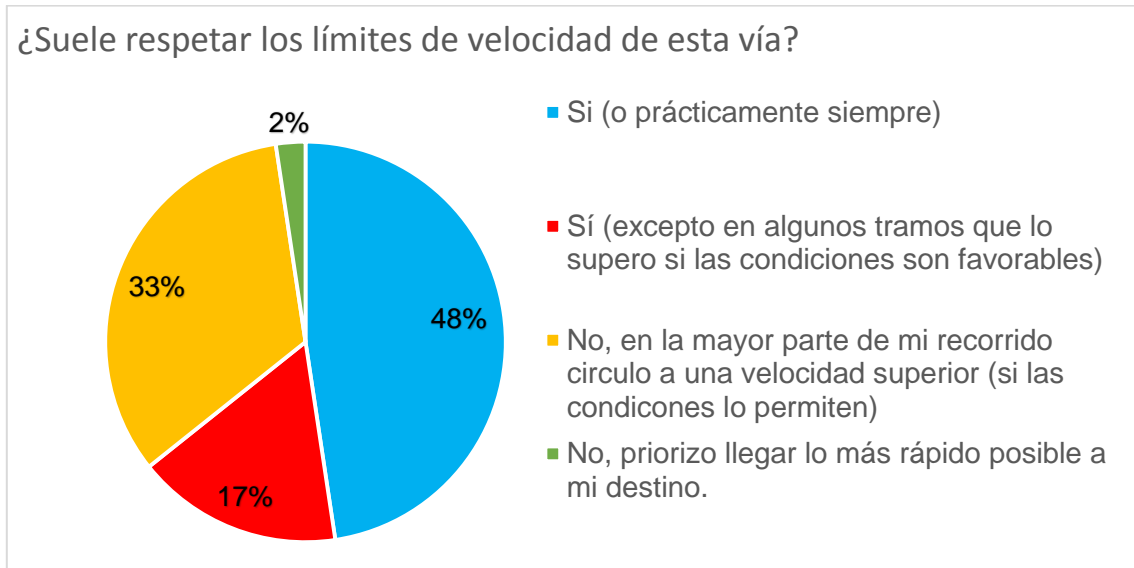


Figura 21 Encuesta: Respeto límites de velocidad.

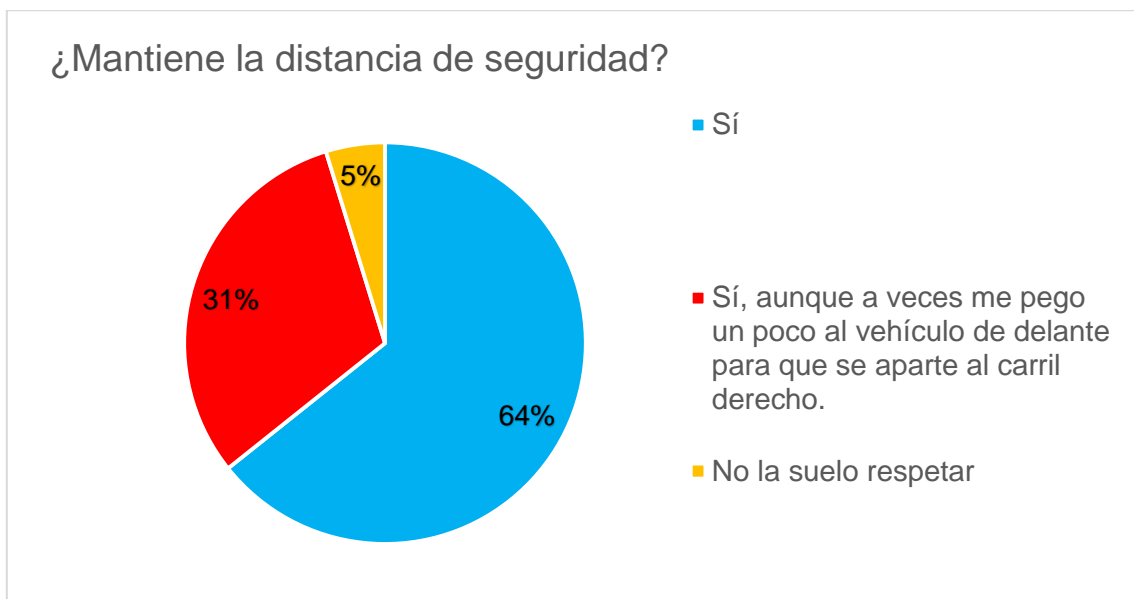


Figura 22 Encuesta: Distancia de seguridad.

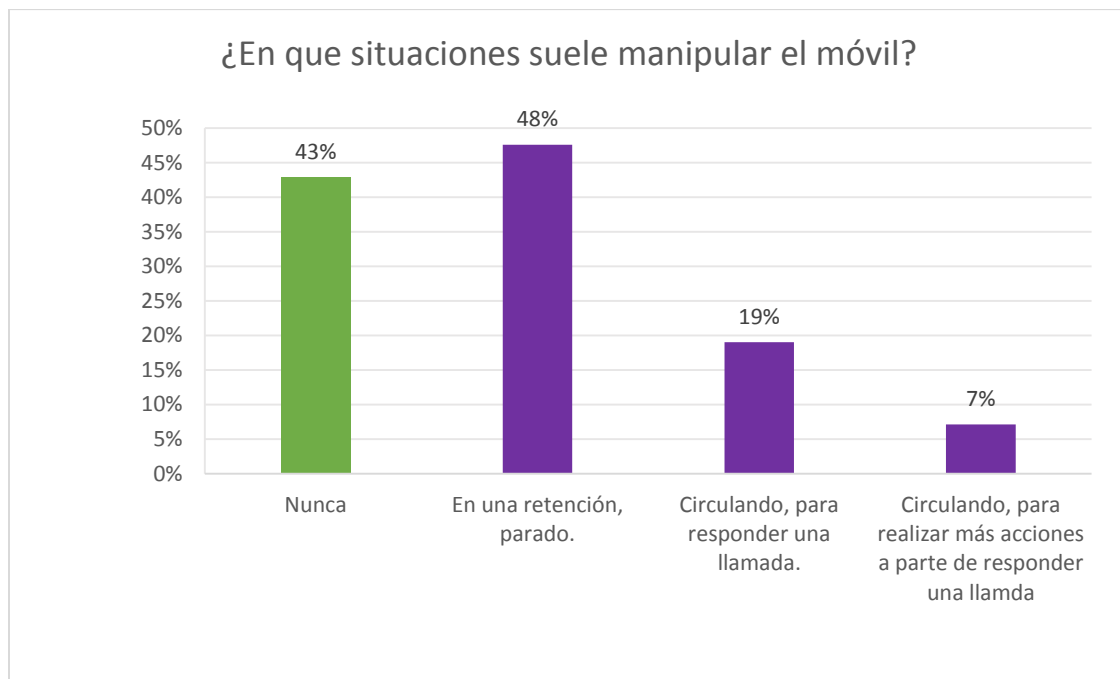


Figura 23 Encuesta: Manipulación del móvil.

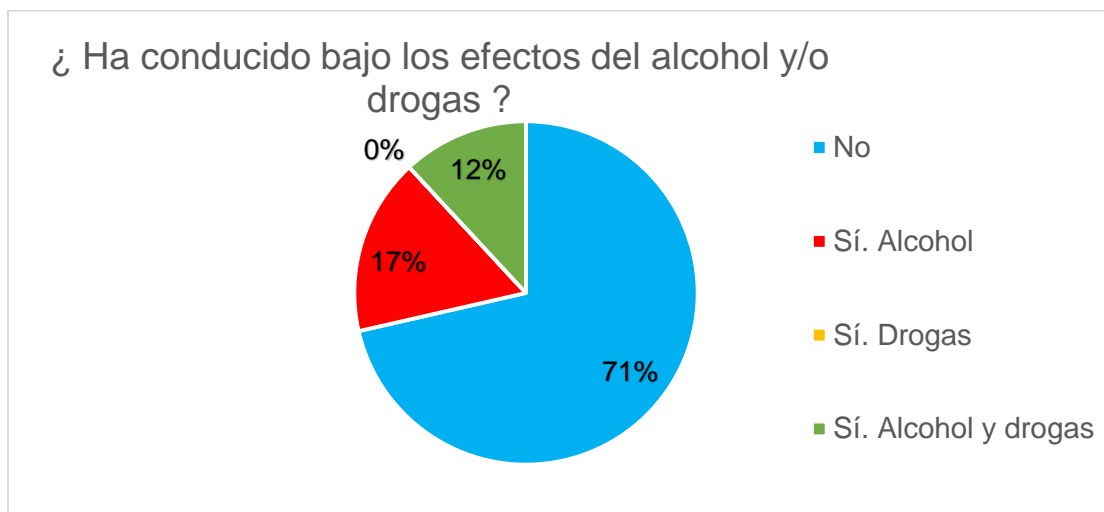


Figura 24 Encuesta: Conducción bajo los efectos de alcohol y drogas.

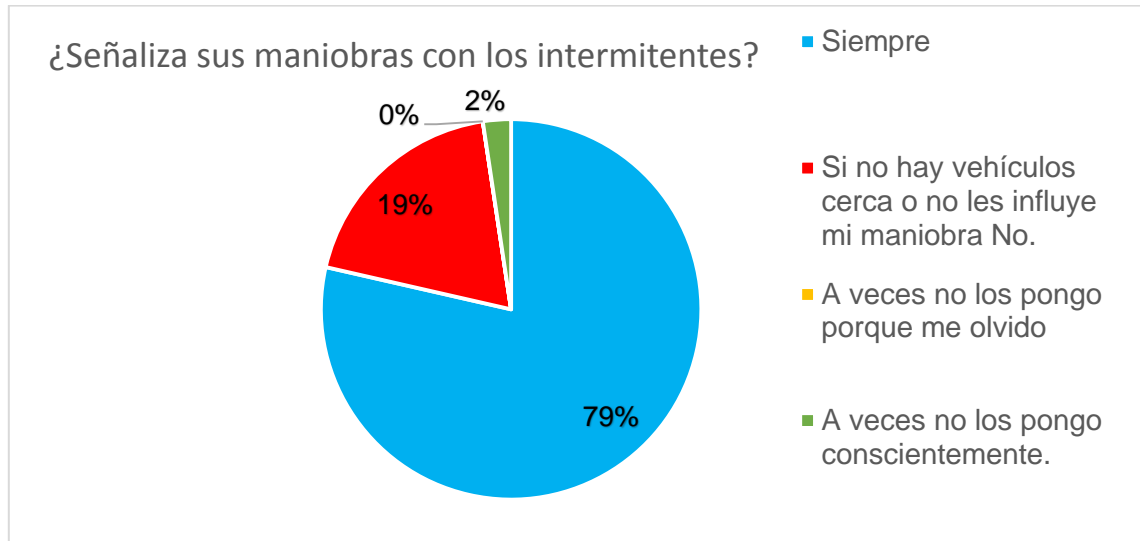


Figura 25 Encuesta: Señalización de maniobras.

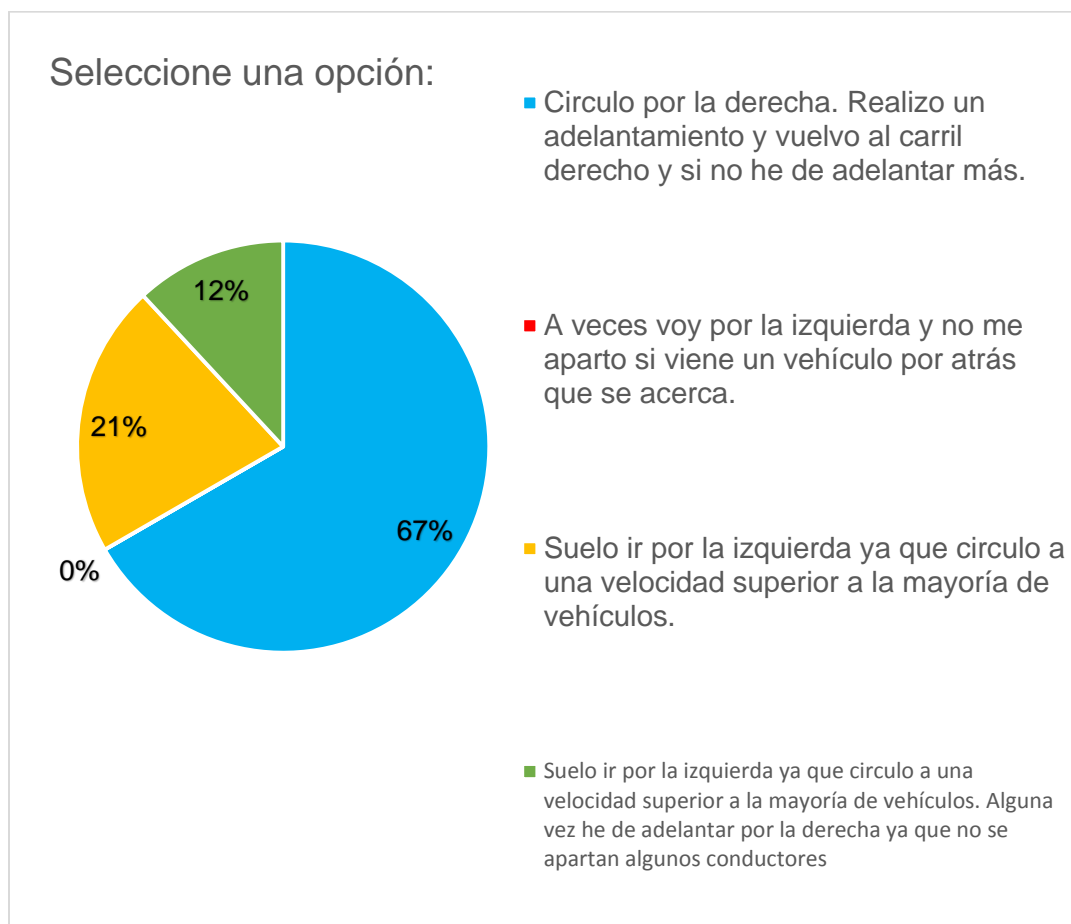


Figura 26 Encuesta: Carril de circulación y adelantamientos.

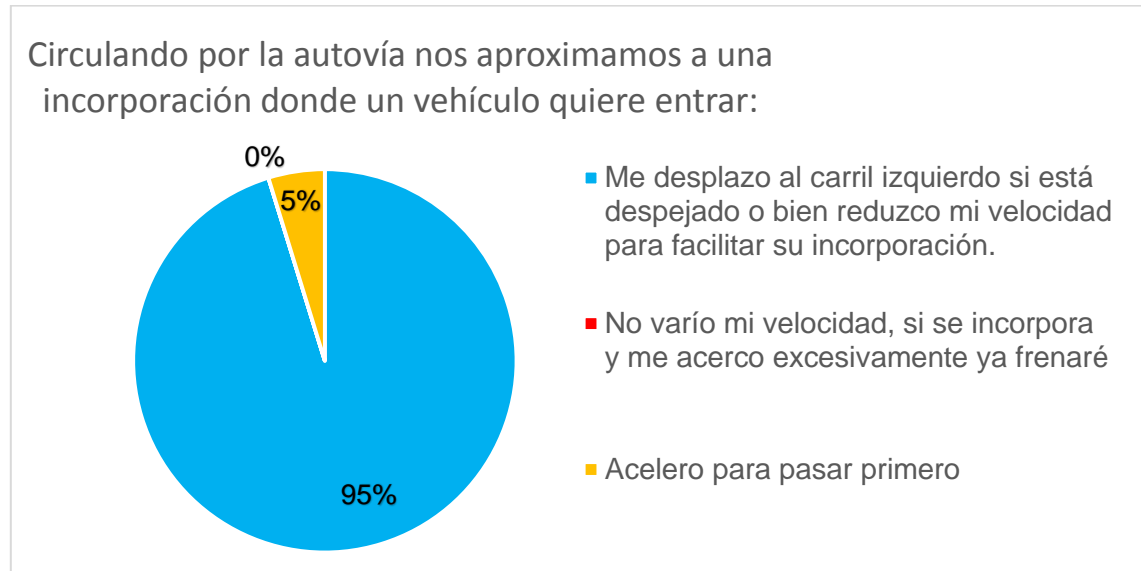


Figura 27 Encuesta: Facilitación de incorporaciones.

De las respuestas anteriores se pueden extraer diferentes conclusiones sobre los hábitos de conducción:

El primero de ellos, es sobre la velocidad. Únicamente, la mitad de los conductores que respondieron, afirman respetar los límites de velocidad en esta autovía (o en autovías/autopistas en general) y aproximadamente un tercio de ellos no la respeta por norma general.

En segundo lugar, la distancia de seguridad es respetada por dos tercios de la muestra. En este caso, cabe destacar la diferente percepción e interpretación de “distancia de seguridad” que puede tener cada persona, ya que suele haber un exceso de confianza por parte del conductor, creyendo que la respeta cuando realmente no lo hace. Otro punto a explicar, es lo que supone el entorpecimiento de los vehículos que circulan por el carril izquierdo, lo cual incita al conductor que quiere sobrepasarlo a pegarse a él. Ello le ocurre aproximadamente a un tercio de los conductores encuestados.

En cuanto al uso del dispositivo móvil, hay que resaltar como esta práctica está altamente extendida y forma parte ya de los hábitos de conducción de la mayoría. Ello lo reafirman las cifras obtenidas, en las que la utilización del teléfono móvil se impone a la no utilización. Además, la manipulación del mismo, en situaciones que no se esté parado, representa casi un 20% y un 10%, en el caso que sea para la realización de llamadas o para más funciones

respectivamente. Otro aspecto potencialmente peligroso, es la habituación al consumo de alcohol y drogas al volante como práctica habitual. Los datos reflejan que esta práctica está extendida en una cuarta parte del total.

En el caso de la facilitación en las incorporaciones y uso de los intermitentes, los conductores afirman en su mayoría actuar correctamente. No obstante, en el caso de la correcta utilización de los carriles, se aprecia, igual que en el gráfico mostrado en la Figura 22, el entorpecimiento de la marcha de aquellos vehículos que circulan por la izquierda a una velocidad inferior del vehículo que les precede. En cambio, ningún conductor afirma haber actuado como el vehículo que obstaculiza la marcha. El número de conductores que suelen circular por la izquierda, tiene coherencia con la Figura 21 Encuesta: Respeto límites de velocidad, puesto que su marcha, notablemente más rápida, comporta la utilización de ese carril cuando en el derecho hay vehículos.

3.1.2.3. Valoración de la C-17

Este bloque, destinado exclusivamente a los usuarios de la C-17, refleja la percepción que tienen sobre los diferentes aspectos de la vía que son potenciales fuentes de riesgo: Estado del asfalto, conducción en mojado, visibilidad de la pintura en malas condiciones de visibilidad, trazado y fluidez de circulación. Estos aspectos son valorados en una escala del 1 al 5, de pésimo a muy bueno respectivamente.

Por otra parte, se pregunta a los encuestados el tramo que realizan con mayor frecuencia, con el objetivo de acotar la información proporcionada por ellos a ese tramo. De esta manera, podemos definir que los resultados obtenidos a partir de sus observaciones tienen más validez en los tramos que más hayan seleccionado los encuestados. Adicionalmente, también sirve para elaborar un gráfico de intensidad relativa de circulación. Con tal propósito, se ha ponderado mediante la introducción de pesos en función de la frecuencia de utilización de la C-17, los tramos más concurridos. Para el tramo realizado por un usuario diario, hemos considerado un peso de 20/31 (estimando la circulación diaria como 20 días sobre 31); para el habitual hemos considerado 8/31 y para el ocasional 3/31.

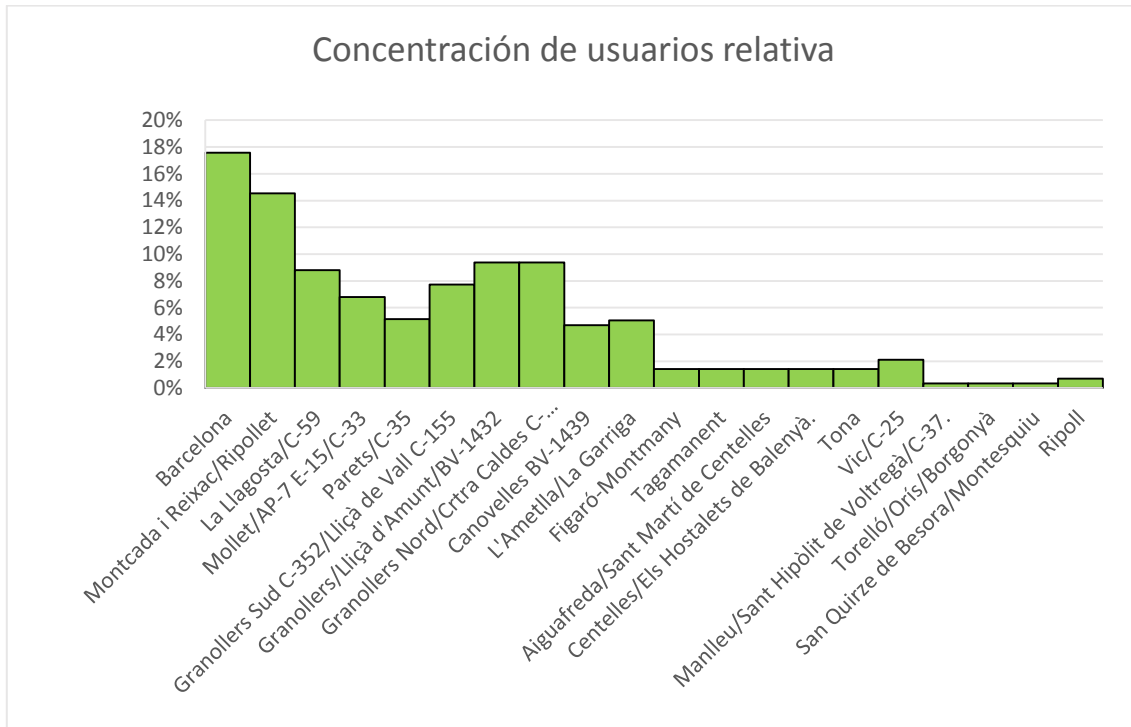


Figura 28 Encuesta: Concentración de usuarios relativa

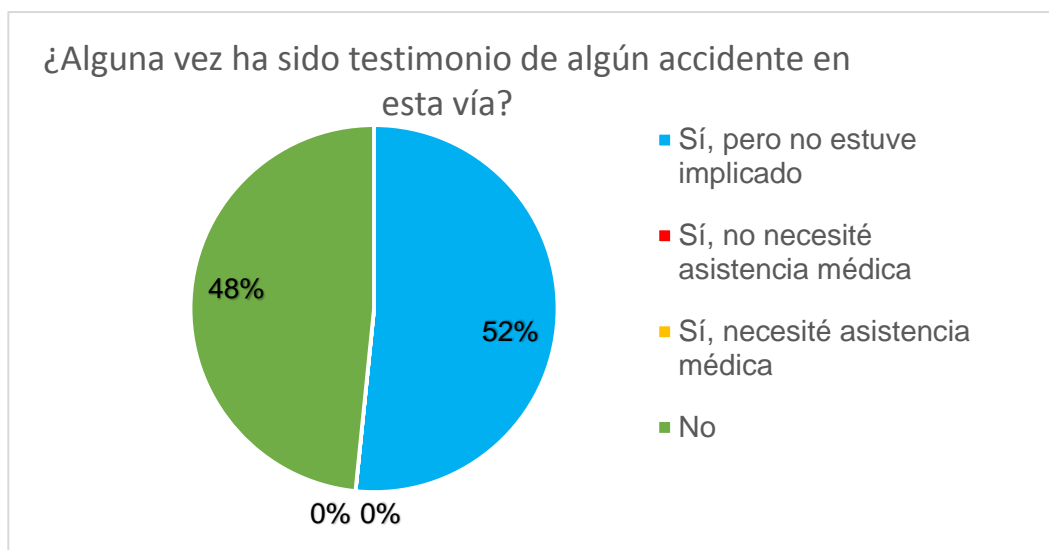


Figura 29 Encuesta: Testimonios de accidentes

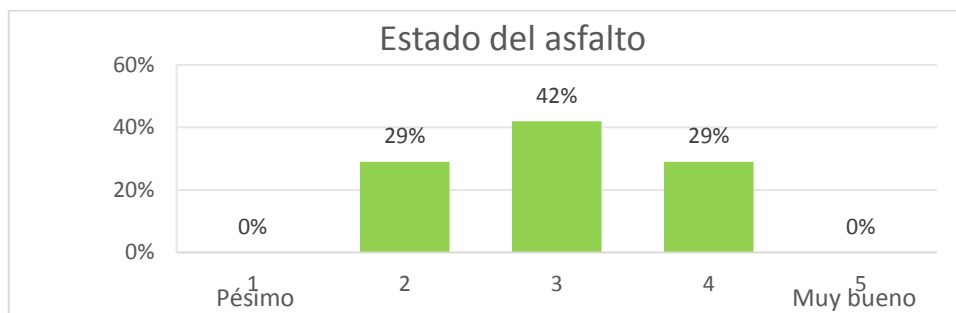


Figura 30 Encuesta: Valoración del firme

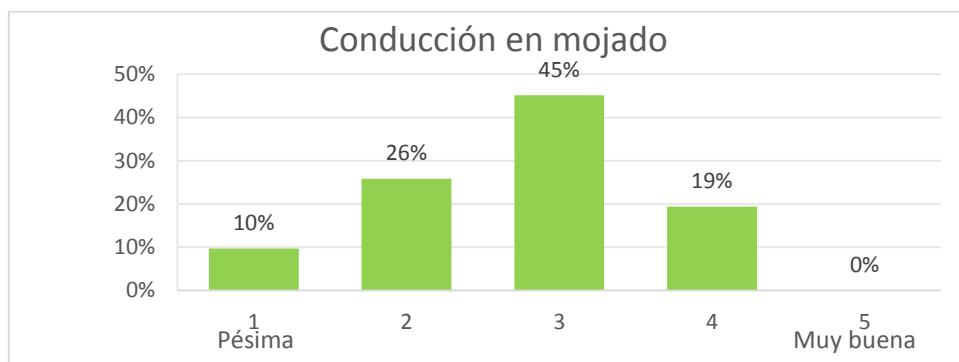


Figura 31 Encuesta: Valoración del firme (en mojado)

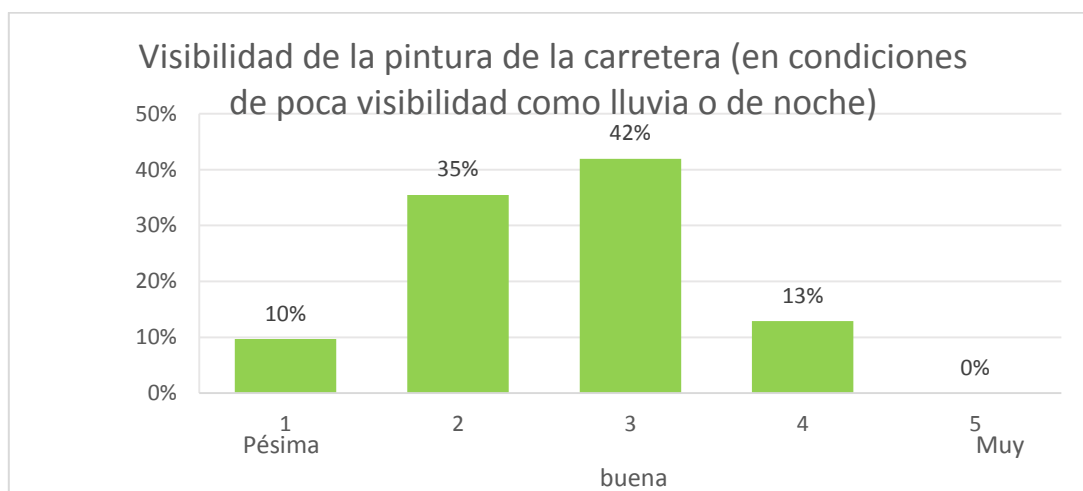


Figura 32 Encuesta: Valoración pintura carretera

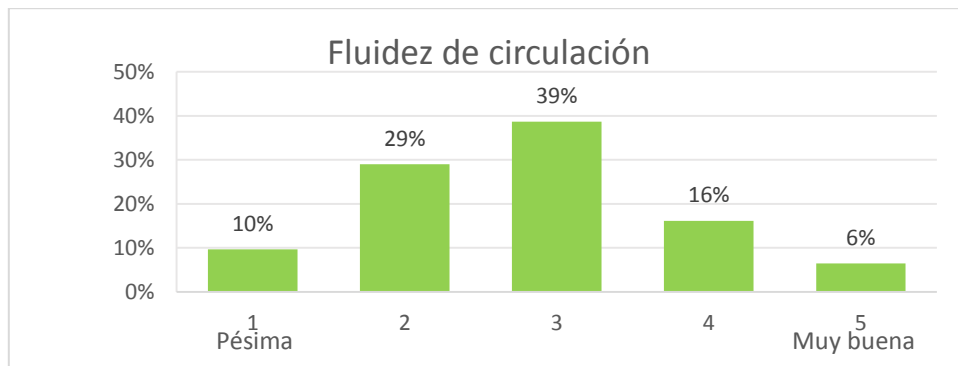


Figura 33 Encuesta: Valoración fluidez de circulación

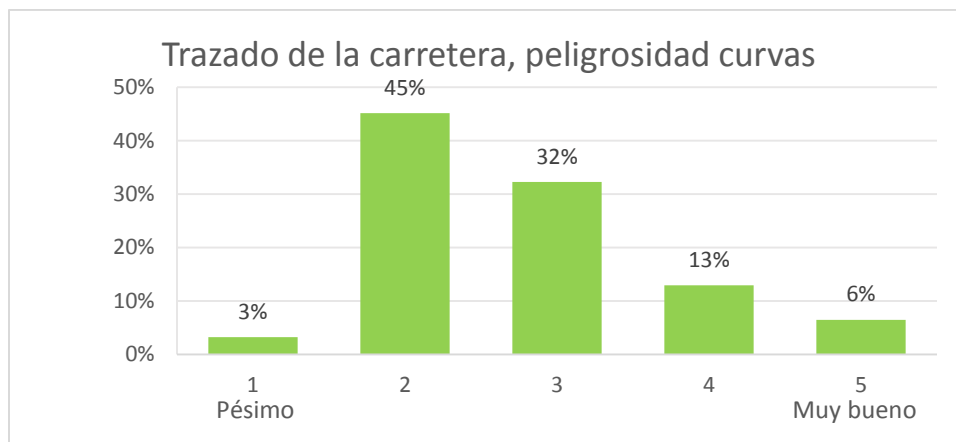


Figura 34 Encuesta: Valoración trazado

La valoración tiene 2 tendencias claras. La primera de ellas es la que se muestra en las respuestas sobre el asfalto (tanto en seco como en mojado), la fluidez de tráfico y la visibilidad de la pintura. En ellas, se observa como el usuario no tiene ni una percepción buena ni mala, simplemente acorde a los estándares de otras vías. En cambio, el trazado sí que tiene una valoración que tiende a ser negativa, siendo este el aspecto que destaca por encima de los demás.

3.1.2.4. Percepción de los factores de riesgo

Esta serie de preguntas, va dirigida tanto a los usuarios de la C-17 como a los que no. En ella se exponen diferentes factores de riesgo, que el encuestado debe ponderar de una

escala del 1 al 5, de menor a mayor influencia en la accidentalidad respectivamente. Entre los factores, se presentan tanto los referidos al conductor, como los del vehículo y la vía y su entorno. Entre ellos, se encuentran el estado de mantenimiento de la vía, la concienciación y hábitos de conducción (factor humano), el estado del vehículo (realización del mantenimiento básico), los sistemas de seguridad activa y pasiva, las condiciones meteorológicas desfavorables, el diseño del trazado y la alta densidad de tráfico. Como añadido, también se pregunta la opinión sobre la instalación de radares como principal medida para reducir la siniestralidad al volante.

Con los resultados de este bloque de preguntas, se podrá obtener información sobre la concienciación que tienen los conductores sobre los diferentes factores de riesgo, y por lo tanto, si perciben la peligrosidad de tales riesgos.

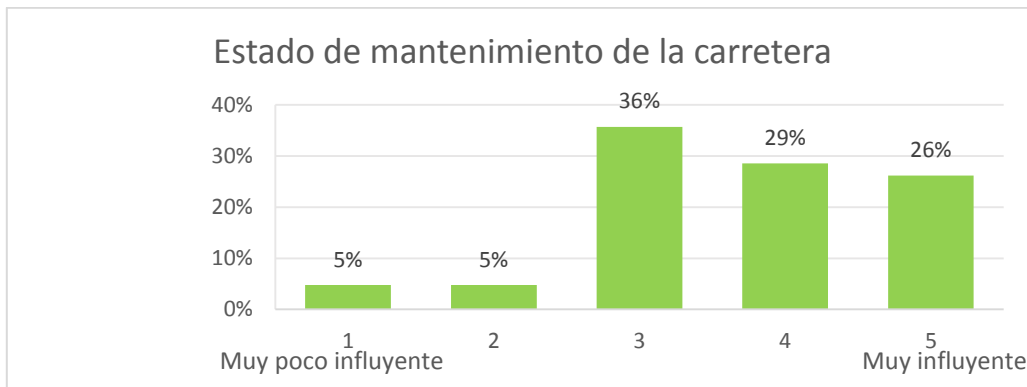


Figura 35 Encuesta: Factor de Riesgo estado de la carretera

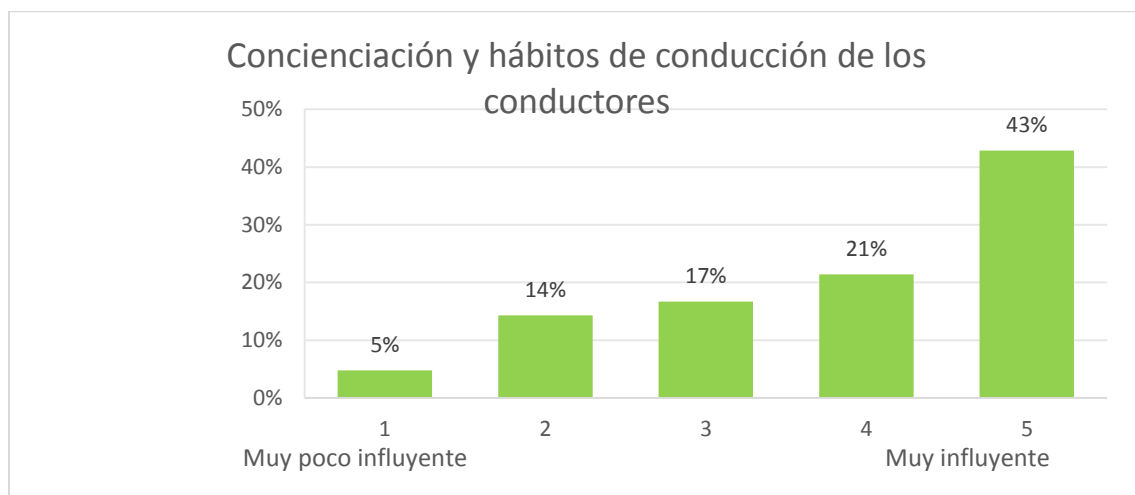


Figura 36 Encuesta: Factor de Riesgo humano

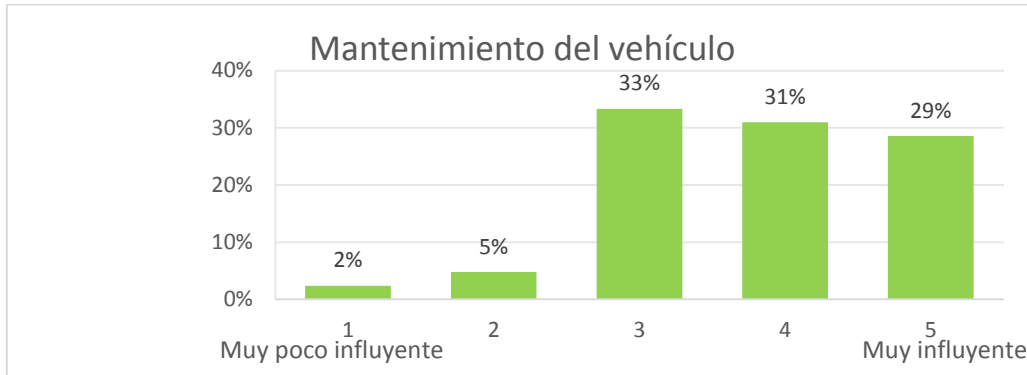


Figura 37 Encuesta: Factor de Riesgo estado del vehículo

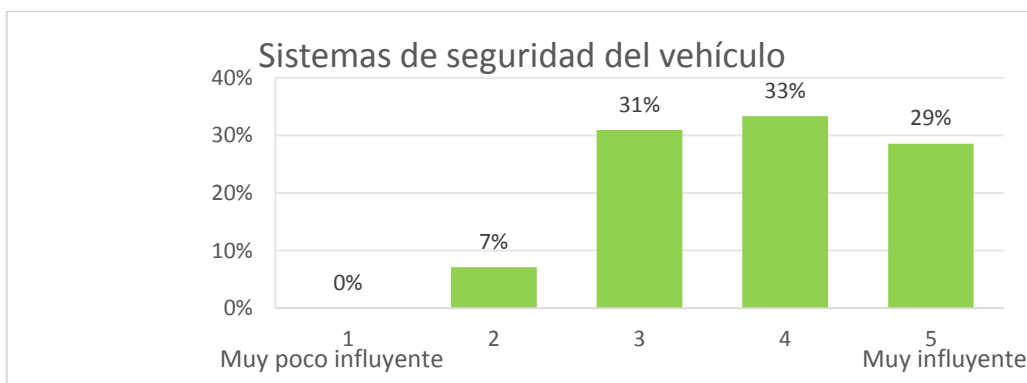


Figura 38 Encuesta: Factor de Riesgo sistemas de seguridad del vehículo

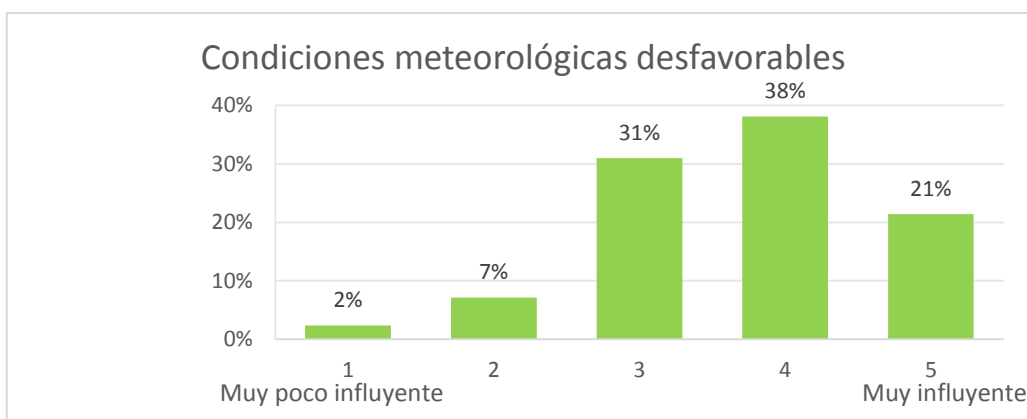


Figura 39 Encuesta: Factor de Riesgo meteorología

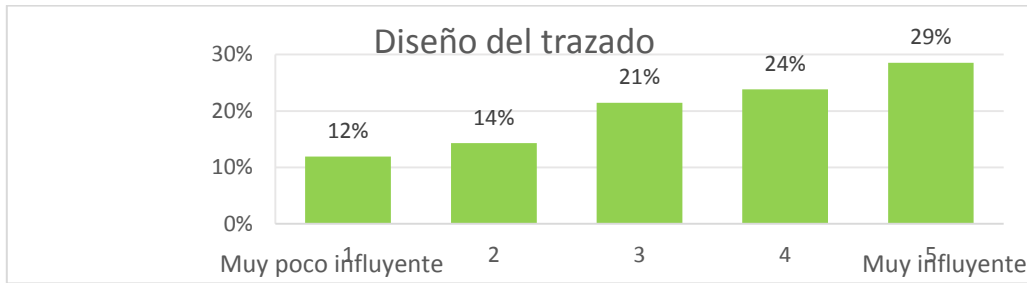


Figura 40 Encuesta: Factor de Riesgo diseño del trazado

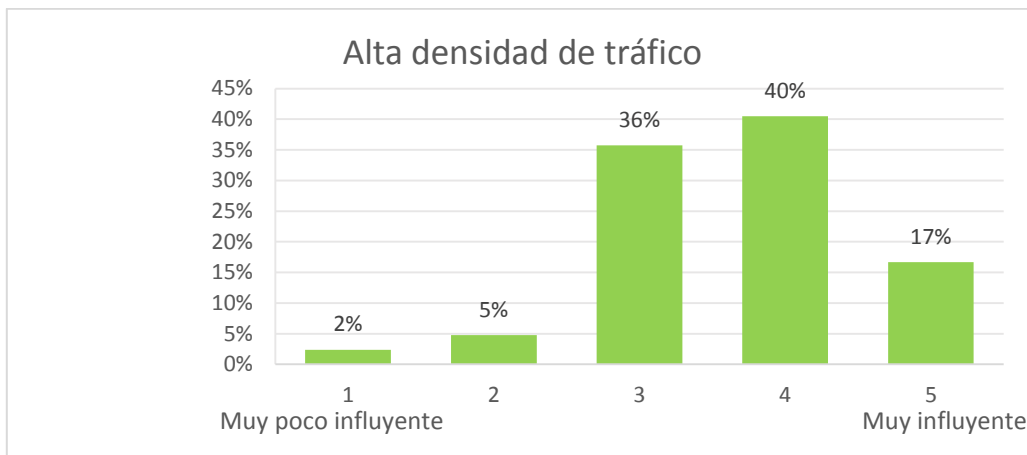


Figura 41 Encuesta: Factor de Riesgo densidad de tráfico

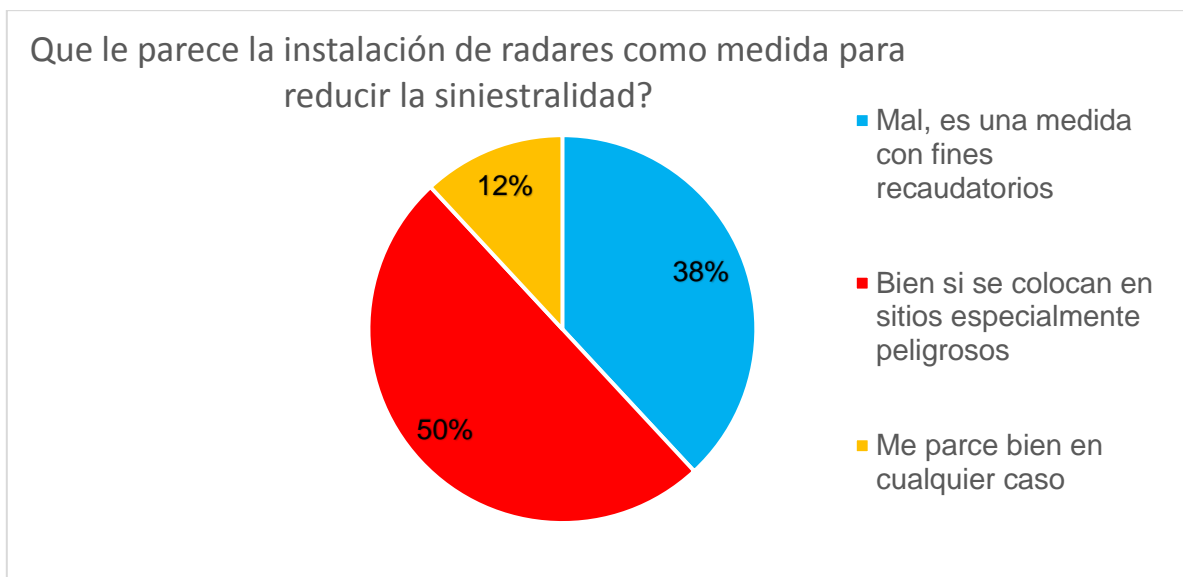


Figura 42 Encuesta: Opinión sobre los radares

En general, los resultados indican que los conductores son conscientes de la importancia que tienen los diferentes factores expuestos anteriormente en la accidentalidad. Prueba de ello, es que casi la totalidad de los encuestados califican entre moderada y alta la influencia de aspectos como el estado de conservación de la carretera, el mantenimiento del vehículo, los sistemas de seguridad y la densidad de tráfico.

Por otro lado, el factor trazado de la carrera es valorado de distinta manera según los usuarios y no sigue ninguna tendencia clara. En cambio, el factor humano es el que cuenta con una mayor influencia según los conductores.

En cuanto la opinión sobre los radares, la mitad de los encuestados les parece una buena medida en aquellos tramos en que su peligrosidad lo justifique. Por otro lado, un 38% tienen la percepción de que los radares cumplen una función recaudatoria y no de seguridad.

3.1.2.5. Observaciones de los usuarios

Para finalizar la encuesta, se ha dejado un espacio para aportaciones. A continuación, se muestran únicamente aquellas relacionadas directamente con la accidentalidad:

- “La conciencia de las personas a la hora de saber que cuando conducen llevan la vida en sus manos”.
- “Los radares son una molestia para el conductor”.
- “En algunas zonas es muy estrecha, deberían poner la línea derecha de las que hacen ruido para evitar salidas de vía por despistes, están continuamente reparando los guardarrailes por este motivo”.
- “Dar formación al conductor y que sea bueno en la conducción en carretera y ciudad, sin ánimo de lucro, educar y concienciar más control sin horas puntas...etc”.
- “La falta de una formación vial continuada o educación vial de los conductores también provoca la accidentalidad en la vía. Hay muchos conductores que van más rápido de lo que deben y no se guardan las distancias de seguridad mínimas para evitar un accidente en caso de frenada de emergencia”
- “Observación de hábitos irresponsables en determinados conductores de esta vía”.

Resumiendo las aportaciones anteriores, se extrae la idea principal de que existen muchas actitudes imprudentes al volante que son fuentes potenciales de peligro. También explicitan la necesidad de ser corregidas mediante educación vial.

Por otro lado, también se hace referencia a la instalación de bandas sonoras, a modo de propuesta para evitar las salidas de vía por despistes, somnolencia o cualquier otra causa humana de distracción.

3.2. Análisis de los factores de riesgo observados en la C-17

3.2.1. Observaciones de hábitos de conducción:

Mediante las continuas observaciones realizadas en la autovía C-17, se han detectado una serie de situaciones recurrentes que suponen una fuente de riesgo:

3.2.1.1. Circulación por el carril izquierdo

- Situación inicial: Vehículo circula por la izquierda a velocidad similar a los vehículos de la derecha (conductor 1). Éste se mantiene en la izquierda pese a que el carril derecho está suficientemente despejado para incorporarse. Además, un vehículo se aproxima por detrás con una velocidad superior (conductor 2).
- Consecuencias: Se crea una situación de estrés en el conductor 2, que puede estar agravada por las prisas que pueda tener, y además, va incrementándose a medida que avanza el tiempo. A partir de aquí, hay dos situaciones habituales cuando el conductor 1 no se aparta. En primer lugar, puede suceder que el conductor 2 se acerque al vehículo de delante para acecharlo y conseguir que se aparte. En segundo lugar, se puede producir un adelantamiento por la derecha.
- Posibles factores de riesgo involucrados:

Conductor 1: Falta de educación vial y/o distracción al volante debido al uso del teléfono u otros elementos (no está pendiente del tráfico de su alrededor).

Conductor 2: Exceso de velocidad y/o situación de estrés por tener prisa.

Una variante de este caso, es aquella en el que un vehículo se acerca excesivamente por detrás y éste último no puede ni desplazarse a la derecha ni aumentar su ritmo, debido a la densidad del tráfico. Esta situación denota un comportamiento agresivo por parte del conductor que acecha, que en este caso, es el único responsable de la situación de riesgo.

3.2.1.2. Señalización de maniobras y cambios de carril

- Situación inicial: Situación típica de autovía/autopista. Circulación por el carril derecho, con vehículos que van adelantando por el izquierdo. Un vehículo (conductor 1) realiza maniobra, sin señalizar con los intermitentes, hacia el carril izquierdo. En ese momento, está circulando un vehículo con velocidad notablemente superior (conductor 2) por ese carril.
- Consecuencias: Según la distancia entre los dos vehículos y la velocidad relativa entre el uno y el otro, se crea una situación de riesgo inminente que puede desencadenar una colisión entre ambos si se da la combinación de diversos factores.
- Posibles factores de riesgo involucrados:

Conductor 1: Falta de educación vial por no señalizar la maniobra, exceso de confianza (falta de percepción del riesgo), distracción al volante debido al uso del teléfono u otros elementos (no está pendiente del tráfico del carril al que quiere incorporarse) y/o realiza la maniobra sin pensarla ni señalizarla porque no está en plenas facultades (somnolencia y fatiga, consumo de alcohol y drogas o medicación incompatible).

En el hipotético caso que el conductor 2 lleve un exceso de velocidad, esté distraído (por el teléfono móvil, por ejemplo) y/o no se encuentre en plenas aptitudes por el consumo de sustancias o fatiga, la situación tendrá muchas probabilidades de concluir en un accidente.

3.2.1.3. Distracciones en retenciones

- Situación inicial: Circulación intermitente por alta densidad de tráfico. Retenciones en la vía con vehículos parados. Muchos conductores empiezan a manipular el teléfono móvil.
- Consecuencias: En esta situación, es habitual que haya colisiones a bajas velocidades, debido a que el vehículo que va delante frena porque el tráfico está interrumpido y el que viene detrás no reacciona a tiempo debido a que no está atento.
- Posibles factores de riesgo involucrados: Distracciones al volante por la utilización del teléfono móvil (dejando de prestar atención a la carretera) y/o mantenimiento de la distancia de seguridad.

3.2.1.4. Exceso de velocidad en condiciones desfavorables

- Situación inicial: Conductores que circulan con velocidad excesiva en tramos de la vía con curvas cerradas, mal estado del firme, lluvia o alta densidad de tráfico.
- Consecuencias: En esta situación, el exceso de velocidad se combina con otros factores que agravan de forma sustancial el riesgo. Además, ha de tenerse en cuenta que, en estas condiciones, el estado del vehículo es un factor muy determinante que puede marcar la diferencia de sufrir un accidente o no (por ejemplo, el buen estado de los neumáticos o el sistema de frenado).
- Posibles factores de riesgo involucrados: Exceso de confianza, falta de concienciación sobre los riesgos, consumo de alcohol y drogas y/o estrés por ir con prisas.

3.2.2. Situaciones detectadas en la vía y en el entorno

A partir de los distintos trayectos realizados expresamente para este estudio, se han detectado las siguientes situaciones de riesgo que aumentan la peligrosidad de la vía.

3.2.2.1. Trazado peligroso

En la siguiente fotografía: Figura 43 Curva Montcada - La Llagosta, tomada en las inmediaciones del PK 6, entre Montcada i Reixac y la Llagosta, se puede apreciar una marca de neumáticos que se sale de la trayectoria de la curva, por lo que indica una salida de vía. En este caso, el límite de velocidad es de 80 km/h. Las causas pueden ser diversas, pero por las características de este tramo las más probables son el exceso de velocidad, a parte del trazado de la curva, y el posible agravamiento con factores del estado del vehículo y/o condiciones meteorológicas desfavorables. En este caso, el firme está en buenas condiciones y presenta bandas rugosas alertando de las salidas de vía.



Figura 43 Curva Montcada - La Llagosta

3.2.2.2. Accesos en el tramo Parets – Centelles

En este tramo de autovía, se encuentran numerosos accesos (tanto salidas como incorporaciones, o ambas conjuntamente) que no disponen de carriles de

aceleración ni de deceleración, respectivamente. Teniendo en cuenta que muchos de estos accesos son a fábricas y por lo tanto, muchos de los vehículos que pasan a través de ellos son camiones de gran tonelaje (véase Figura 44 Acceso a autovía C-17 A), la situación se vuelve peligrosa para los usuarios de la vía. En la Figura 45 Acceso a autovía C-17 B se ve otro de estos accesos.



Figura 44 Acceso a autovía C-17 A



Figura 45 Acceso a autovía C-17 B

3.2.2.1. Retenciones tramo Mollet – Granollers

En esta parte de la autovía, se producen habitualmente numerosos problemas de tráfico en horas punta, coincidiendo con los horarios laborales. Tal y como se comenta en capítulos anteriores, esta es una zona repleta de industrias y que además cuenta con enlaces a vías de alta intensidad a esta altura (AP-7 y C-33 en menor medida).

En la imagen Figura 46 Retención en el tramo Mollet - Granollers, se puede observar la alta intensidad de circulación en sentido Barcelona (sentido contrario a la posición de la fotografía). En este punto (entre el PK 15 y PK 14) muchos de los vehículos, especialmente camiones de gran tonelaje, se preparan para incorporarse a la AP-7 (sentido Valencia/Zaragoza). Cabe mencionar que este acceso cuenta con un carril de incorporación que a la vez es compartido con los vehículos que acceden a la C-17 desde Parets, la cual cosa, conjuntamente con la escasa longitud de este carril, implica numerosas dificultades de circulación que crean retenciones.



Figura 46 Retención en el tramo Mollet - Granollers

3.2.2.2. Estado del firme en el tramo Parets – La Garriga

Haciendo referencia al mismo tramo, se puede observar como hay zonas donde el firme está muy desgastado, además de falta de visibilidad de las líneas en la carretera y ausencia de bandas sonoras. Este aspecto se agrava en condiciones meteorológicas desfavorables, como por ejemplo lluvia, donde el sistema de drenaje no actúa correctamente y hace de este tramo una “pista de patinaje”. No hace mencionar el potencial peligro que supone si a ello se le suma un mal estado en los neumáticos y exceso de velocidad, además de tratarse de un trazado con curvas reviradas.

En la fotografía que aparece en la Figura 47 Firme tramo Parets - La Garriga, realizada en el PK 20 (dirección Ripoll), se puede apreciar el desgaste del firme y las marcas de pintura. Además, se observan los diferentes parches que se han realizado en el firme del carril derecho, posiblemente con un mayor desgaste prematuro debido a la circulación de vehículos pesados.



Figura 47 Firme tramo Parets - La Garriga

3.2.2.3. Riesgo de desprendimientos y sinuosidad del tramo la Garriga – Centelles

Tal y como se comenta en el apartado *Análisis de los accidentes* en el capítulo 2, en este tramo ya han sucedido diferentes desprendimientos. Además, en esta parte el trazado es de carácter sinuoso, la cual cosa comporta que se trate de uno de los tramos más peligrosos. En la Figura 48 Zona de desprendimientos Fuente: Google Maps Street View, se aprecian estas dos características. También se puede apreciar que no hay ninguna protección entre la vía y el talud, aparte de contar con una separación escasa al disponer de un arcén estrecho



Figura 48 Zona de desprendimientos

Fuente: Google Maps Street View

3.3. Valoración de las propuestas

3.3.1. Líneas de actuación para la reducción de la siniestralidad

3.3.1.1. Plan estratégico de seguridad vial en Catalunya

Este documento, cuya elaboración fue encargada al *Servei Català de Trànsit* por parte de la *Generalitat de Catalunya*, contiene todas aquellas estrategias a seguir en materia de seguridad vial en las vías catalanas i líneas de actuación marcadas para el período 2014-2020. El objetivo marcado está orientado a las políticas de seguridad vial de la Unión Europea, que establecen que el número de víctimas mortales en accidentes de tráfico en 2020 debe reducirse en un 50% respecto a 2010. Como objetivo a largo plazo, se plantea en 2050 que haya 0 víctimas mortales y víctimas con secuelas de por vida.

Las tendencias a seguir que tiene este documento como referencia son las seguidas por países pioneros en materia de seguridad vial, como Irlanda, Suecia, Países Bajos y Reino unido. También son referentes organizaciones internacionales como la OMS, la UE, y la OCDE, dado que la siniestralidad vial representa un problema para la salud y genera un gran impacto económico tanto a nivel micro como macro [14].

En la Tabla 7 Objetivos 2020 se resumen los objetivos del Plan estratégico de seguridad vial en Catalunya⁹.

⁹ Porcentajes de la tabla referidos a los datos de 2010

Objetivo general
Reducción del número de muertos del 50%
Objetivos específicos
Reducción del 40% de heridos graves con secuelas de por vida
Reducción del 60% de la mortalidad infantil
Reducción del 20% de muertos y heridos graves en motoristas
Reducción del 30% de muertos por atropello
Reducción del 20% del número de muertos y heridos graves <i>in misión e in itinere</i>
Reducción del 10% de las muertes en tercera edad
Promover el uso de bicicletas sin que aumente la accidentalidad vial

Tabla 7 Objetivos 2020 [15]

Para la consecución de los objetivos expuestos anteriormente, el plan estratégico define unas líneas de actuación con unos proyectos asociados a ellas. Estos proyectos se resumen a continuación, clasificados por grupos, según la finalidad por la cual están previstos [15]:

- **Protección de usuarios y control de las conductas de riesgo:** Reducción del consumo de alcohol y drogas mediante controles policiales, estudiar la implantación de *Alcolock* (dispositivo que impide arrancar un vehículo si el conductor va bebido), vigilancia y control del exceso de velocidad, plan de velocidad excesiva, mejora de la eficacia y eficiencia en el proceso sancionador, impulsar convivencia y respecto entre conductores (de los diferentes tipos de vehículos y peatones incluidos), mejora en la seguridad de los motoristas, potenciar servicio de información y atención a las víctimas e incorporar nuevas tecnologías al sistema de emergencias en los accidentes.
- **Espacio continuo de seguridad vial:** Realizar seguimiento de los planes de seguridad locales (zonas urbanas), incorporar la seguridad vial a los planes de ordenación del suelo y colaborar con las correspondientes entidades privadas

(colegios profesionales) para inculcar mejores prácticas, diseño más seguro, utilización y mejora de los sistemas de gestión de tráfico (información sobre el estado del tráfico), mejora en regularidad en los tiempos de desplazamiento, impulsar actuaciones en los tramos con mayor riesgo de accidentalidad, impulsar condicionamientos, variantes, desdoblamientos y nuevos ejes y hacer más eficiente el transporte público.

- **Implicación de entidades públicas y privadas:** Reorientación de la Comisión Catalana de Tráfico y Seguridad Vial y la Comisión Interparlamentaria para la mejora de la Seguridad Vial, promover actividad de asociaciones que fomentan la seguridad vial, planes de actuaciones acordados con las entidades, promover la prevención y concienciación en empresas y creación el Observatorio de Seguridad Vial para proyectar el Servei Català de Trànsit a nivel europeo y mundial.
- **Disposición de instrumentos y mecanismos de gestión:** Mejorar el marco legal de seguridad vial en Catalunya, gestión de la seguridad vial siguiendo la norma ISO 39001, realizar seguimiento sobre los compromisos, promocionar un parque de vehículos seguro mediante campañas de concienciación sobre la importancia del mantenimiento del vehículo.
- **Aprendizaje en materia de seguridad vial:** Potenciación en los centros educativos, asegurar la formación en esta materia como prevención de riesgos laborales *in misión* e *in itinere*, realización de campañas de información sobre los factores de riesgo, mantener acciones de sensibilización, política transparente en cuanto a políticas de seguridad vial ejecutadas y sus resultados obtenidos y desarrollar procesos para que las personas que presentan factores de riesgo no provoquen accidentes.
- **R+D+I en seguridad vial:** Creación de especializaciones académicas y colaboración continuada con universidades e institutos científicos, creación de sistemas de información combinados (accidentes, movilidad, información de sanciones, etc.) de promoción del sector privado y activación económica de la investigación en seguridad vial, actuaciones de prevención basadas en la modelización, promocionar las actuaciones R+D+i del *Servei Català de Trànsit*.

3.3.1.2. Medidas aplicadas por el SCT¹⁰

Mediante el análisis realizado por el SCT sobre los datos de accidentalidad del año 2015, han obtenido las siguientes conclusiones a partir la interpretación de los mismos:

- Relajamiento en el comportamiento de los conductores.
- Aumento de accidentes graves debido al exceso de velocidad, distracción (por utilización de dispositivos móviles), consumo de alcohol y estupefacientes y reducción en la utilización de elementos pasivos de seguridad.

En base a ello, han propuesto 10 medidas correctoras que se han comenzado a aplicar en el pasado año 2016¹¹ [16]:

- Aumentar hasta 14 las campañas preventivas e integrales (controles policiales masivos), poniendo énfasis en los dos aspectos enumerados en las líneas anteriores.
- Detectar y sancionar el uso del móvil y la no utilización del cinturón mediante el helicóptero del SCT y las cámaras de control.
- Incorporación de 9 radares móviles, instalación de 19 radares de tramo e instalación de radar en el helicóptero del SCT.
- Planificación de controles masivos y aleatorios de alcohol y drogas.
- Intensificar controles policiales a motoristas, extender el programa de formación específico 3.0 y distribuir material divulgativo.
- Despliegue de un programa de sensibilización dirigido a personas mayores.
- Intensificar vigilancia en la demarcación de Girona, Tarragona y Lleida.
- Extender el modelo de separación de sentidos de circulación y promover desvíos de vehículos pesados en determinados tramos de vías.
- Despliegue del Observatorio de la Seguridad Vial
- Concienciar a colectivos vulnerables mediante campañas divulgativas.

¹⁰ SCT Servei Català de Trànsit

¹¹ Anexo: 5. Medidas SCT

3.3.1.3. Medidas aplicadas por el Ministerio del Interior

Este es un plan, presentado en enero de 2017, con medidas urgentes para reducir la accidentalidad en carretera¹² [17]. En él, se recogen actuaciones en las vías, señalización, comunicación, vigilancia e implantación de nuevas tecnologías. Las medidas presentadas son las siguientes:

- Replanteo de las zonas de adelantamiento con mayor siniestralidad: reubicación de señales y marcas viarias o supresión de la posibilidad de adelantar en determinados tramos (en algunos casos con marcas dobles o elementos físicos de separación).
- Instalación de paneles luminosos para alertar al conductor de la presencia de otro en los cruces peligrosos. Implementación en 45 Cruces.
- Instalación de 250 paneles avisadores de velocidad en tramos críticos de carreteras convencionales (sin sanción).
- Nueva metodología de determinación de puntos negros, para una mejor identificación de los mismos.
- Nueva instrucción de vigilancia: controles de la Guardia Civil estableciendo prioridades de actuación en función de las infracciones más frecuentes, de las franjas horarias más críticas y de las vías con más accidentalidad. Especial atención a colectivos vulnerables (ciclistas, peatones y motoristas). Vigilancia desde los helicópteros del uso del teléfono móvil y de la utilización del cinturón de seguridad.
- Replanteamiento del criterio de colocación de los radares: Instalación en tramos con alto INVIVE¹³ y posible adecuación del límite de velocidad en aquellos puntos que se hayan registrado un elevado número de infracciones en este aspecto.
- Instalación de cámaras de control de cinturón en más de 200 puntos (únicamente en las Comunidades Autónomas en que la DGT tiene las competencias).
- Instalación de 15 avisadores de velocidad de tramo con información al conductor mediante paneles, indicando la matrícula y mostrando un mensaje advirtiendo del exceso de velocidad en caso de haberse producido.
- Instalación de 60 puntos de control de velocidad y cinturón en tramos de carretera convencional con alta peligrosidad.

¹² Anexo: 6. Medidas Ministerio del Interior

¹³ INVIVE. Índice de evaluación de la combinación de los factores de exceso de velocidad y de accidentalidad para un determinado tramo.

- Mejora en la señalización de tramos INVIVE.
- Nueva edición de la Guía de buenas prácticas para travesías y tramos urbanos.
- Introducción de nueva señalización de advertencia de ciclistas en carreteras convencionales, introduciendo también limitaciones de velocidad temporales en estas vías durante periodos concretos. Se realizará en 49 tramos.
- Instalación de bandas sonoras longitudinales en tramos identificados como peligrosos. Implementación en 3.000 km.
- Concienciación sobre distracciones y principales factores de accidentalidad mediante campañas publicitarias en medios digitales. También se incluirán testimonios reales de víctimas.
- Elaboración del Plan Estatal de Educación Vial.

3.3.2. Propuestas de mejora de la vía

3.3.2.1. Actuaciones proyectadas en el *PITC*¹⁴ (a largo plazo)

El Plan de Infraestructuras de Transporte de Catalunya *PITC*, es el documento donde se recogen las líneas de actuación en materia de infraestructuras, definiendo la red viaria y ferroviaria a largo plazo. Concretamente, la edición vigente está proyectada con un horizonte situado en el año 2026.

Analizando el documento, las líneas generales de actuación marcan un replanteamiento del actual trazado de la C-17 entre Mollet y Granollers, para reconvertir la autovía en una vía suburbana. Esta reconversión pretende dar servicio a los desplazamientos internos entre estas localidades, Parets, las inmediaciones de Montmeló, Lliçà de Vall y los polígonos industriales colindantes. El proyecto no está definido y no cuenta aún con presupuesto.

En segundo lugar, se plantea la construcción de una nueva autovía entre Parets y La Garriga siguiendo la riera del Tenes. El trazado no está definido aún. El presupuesto previsto, en este caso, fue definido en 60 M€.

A partir de aquí, puesto que el plan inicia su ejecución en el año 2006, hay actuaciones que ya han sido realizadas. Estas son, por una parte, las obras de desdoblamiento entre Vic y Ripoll, y por otra, el condicionamiento, reordenación de accesos, normalización de sección

¹⁴ *PITC*. Plan de Infraestructuras de Transporte de Catalunya

y soterramiento del paso de la C-17 por Montcada i Reixac, incluyendo también la reconversión en la parte del enlace con la N-150 a diferente nivel.

En la Tabla 8 Presupuesto actuaciones proyectadas en el PITC se muestra el dinero presupuestado para las actuaciones recogidas en el plan.

Actuación	Presupuesto [M€]	Estado
Desdoblamiento tramo Vic-Ripoll	221	Finalizada
Mejoras tramo Barcelona-Montcada	44	Finalizada
Reconversión tramo Mollet-Granollers en vía suburbana.	-	Sin proyectar
Construcción nueva autovía entre Parets y La Garriga.	60	Sin proyectar

Tabla 8 Presupuesto actuaciones proyectadas en el PITC [18]

3.3.2.2. Actuaciones proyectadas a corto plazo

Mejora del firme Parets – La Garriga

Tal y como hemos podido ver en el *Apartado 2.3*, en este tramo se encuentran los valores más elevados de intensidad de circulación y de vehículos pesados. Ello implica el alto nivel de desgaste y la necesidad de actuaciones como esta.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en la renovación del pavimento en un tramo de 13 km, en las dos calzadas de la vía. Además, se proyecta la adecuación de las barreras de seguridad, señalización, juntas de estructura y cunetas. La actuación está presupuestada en 3 M€ y tiene un plazo de ejecución de 6 meses. Las obras se han iniciado en abril de 2017¹⁵ [19].

Mejora del enlace C-33/AP-7 con C-17 (sentido Ripoll)

En este acceso de la C-17, se forman numerosas retenciones debido a las características de este enlace. Los vehículos provenientes de la AP-7 (sentido norte) y la C-33 confluyen cada una con un carril. Unos metros más adelante, el carril izquierdo (el proveniente de la

¹⁵ Anexo: 7. Mejora del firme Parets – La Garriga

C-33) se acaba y únicamente queda un carril que es el que se acaba incorporando en la autovía C-17 (sentido Ripoll). Debido a que las dos vías que acceden a la incorporación son de alta intensidad de circulación, especialmente la AP-7, se acaban formando retenciones diariamente.

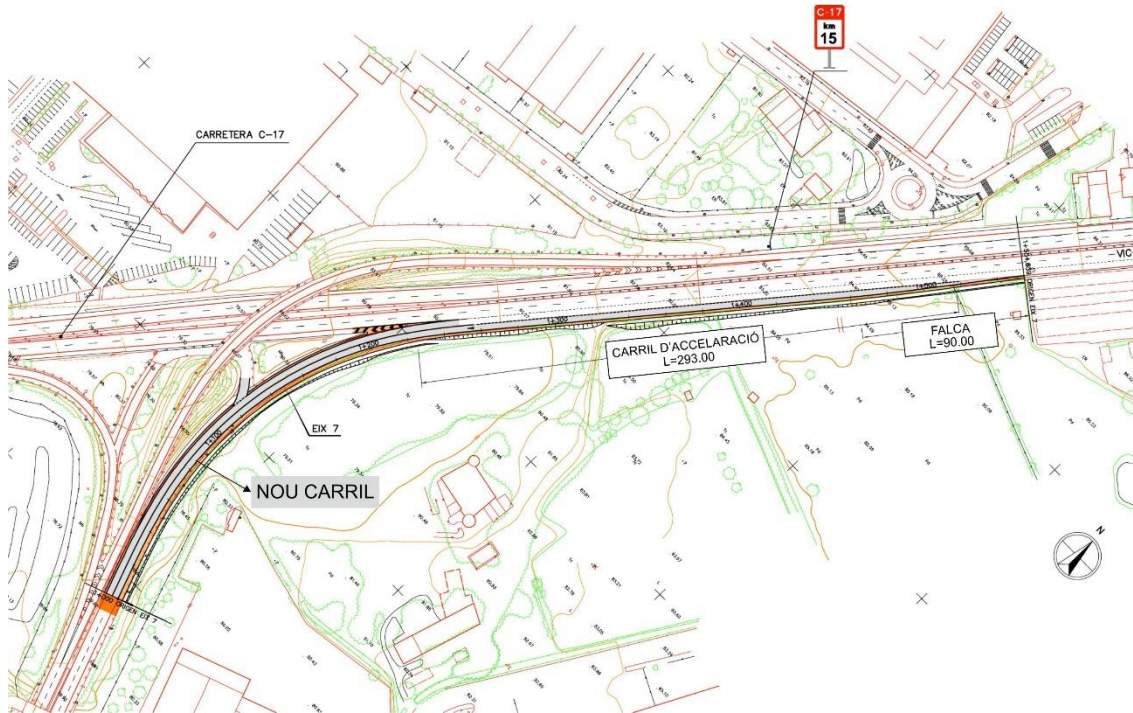


Figura 49 Detalle de la actuación en el enlace C-33/AP-7 [20]

Tal y como se puede apreciar en la Figura 49 Detalle de la actuación en el enlace C-33/AP-7, la obra consiste en el ensanchamiento de la calzada para poder mantener los dos carriles hasta la entrada de la autovía. Además de ampliar la calzada de la propia autovía, para que de esta manera pueda haber 4 carriles simultáneamente, los dos de la C-17 y los dos de la incorporación. El cuarto carril, de aceleración, tendrá una longitud de 293,0 m. El ancho de los carriles será de 3,5 m cada uno, con un arcén de 2,5 m.

Adicionalmente, se repondrá el alumbrado actual, se mejorará el drenaje, se instalará nueva señalización, se recubrirán los taludes con vegetación y se desvían cables de servicios eléctricos y de comunicación. Con todo ello, la administración justifica un presupuesto de 1,0 M€.¹⁶ [20]

¹⁶ Anexo: Obras enlace C-33/AP-7.

La duración de las obras está estimada en 4 meses. Actualmente, a junio de 2017, ya están siendo ejecutadas las obras, tal y como se puede apreciar en la Figura 50 Obras de acceso a la C-17



Figura 50 Obras de acceso a la C-17

Protección taludes y firme antideslizante La Garriga-Centelles

En este tramo donde se han producido los desprendimientos, que además cuenta con un trazado sinuoso donde se han reportados numerosos accidentes, se han decidido aplicar las siguientes medidas:

En primer lugar, se proyecta la mejora en la protección y la estabilidad de 20 taludes. Para ello, se instalarán más de 33.000 metros cuadrados de malla metálica, para evitar el desprendimiento de roca a la carretera. Previamente, se realizará una limpieza de los taludes eliminando aquellas rocas con posibilidad de desprendimiento inminente. Este proyecto cuenta con un presupuesto de 1,0 M€ y ya está siendo ejecutado.

En segundo lugar, se prevé la renovación del firme, en diferentes tramos, mediante el asfaltado con una capa antideslizante. También se realizarán faenas de mejora en el drenaje, barreras de seguridad y renovación de la señalización. La obra está presupuestada en 1,2 M€ y se prevé su ejecución en la primavera de 2018.¹⁷ [21]

¹⁷ Anexo: 9. Protección taludes y firme antideslizante.

Tercer carril Parets-Granollers

El tramo en el cual se realiza este proyecto, Parets – Granollers, es el que presenta mayor intensidad de circulación, tal y como se ha analizado en capítulos anteriores. Ello supone que en él se produzcan retenciones diariamente en las horas punta. Acorde con este hecho, se ha proyectado la ampliación de 2 a 3 carriles en la autovía para cada sentido de circulación. A esta medida, se complementa la reordenación de los accesos. El dinero presupuestado está establecido en 35,0 M€. Se prevé el inicio de las obras para el próximo año 2018.¹⁸

¹⁸ Anexo: 10. Obras tercer carril.

4. TECNOLOGÍA APLICADA A LA CONDUCCIÓN

En el siguiente capítulo se hace una recopilación y un análisis de los diferentes canales que tiene el usuario para informarse sobre las incidencias viarias y para reportar cualquier deficiencia que crea conveniente. Para ello, realizaremos un breve repaso de las diferentes aplicaciones de móviles gratuitas, redes sociales, plataformas y medios de comunicación más relevantes. En el caso de medios de comunicación, nos centraremos en aquellos que publican noticias sobre la autovía C-17.

En una segunda parte de este capítulo, el estudio se centrará en las tecnologías punteras aplicadas al vehículo que tienen como principal función la seguridad de sus ocupantes y de las personas de su alrededor (peatones y ocupantes de otros vehículos). Distinguiendo entre elementos de seguridad activa y pasiva, nos centraremos exclusivamente a tratar los primeros. Esto es debido a que los elementos de seguridad activa tienen como finalidad evitar un accidente, que es el objetivo a alcanzar. En cambio, los elementos de seguridad pasiva son todos aquellos que cumplen la función de minimizar los daños producidos a los ocupantes una vez se ha producido el accidente. El desarrollo tecnológico de los últimos años avanza hacia una clara tendencia: la conducción autónoma para lograr 0 víctimas.

4.1. Información al usuario

4.1.1. Aplicaciones móviles

4.1.1.1. Trànsit

Esta es la aplicación que ofrece gratuitamente el *Servei Català de Trànsit*, el organismo dependiente de la Generalitat de Catalunya en materia de seguridad vial.

Tal y como se puede ver en la Figura 51, en la parte superior de la pantalla, encontramos (de izquierda a derecha) una barra con un menú desplegable (A), un botón para buscar poblaciones y centrar el mapa en ellas y un último botón de actualización de datos.

En la parte principal de la pantalla (B) se encuentra el mapa de Google *Maps* mostrando distinta información sobre el estado del tráfico que detallaremos a continuación. El usuario puede desplazar el mapa y aumentar y reducir el tamaño siempre que quiera. Además, mediante un punto azul en el mapa, se muestra su ubicación actual (en caso de tener activada esta función en su dispositivo móvil).

Finalmente, existe una botonera (C) con 3 funcionalidades: el botón superior centra el mapa en la ubicación actual, el botón del centro abre un listado con la información del tráfico en la zona mostrada del mapa y el último muestra un filtro para que el usuario vea en el mapa únicamente la información que sea de su interés, como por ejemplo los conos en la calzada o las alertas meteorológicas que pueden dificultar la circulación y suponen un peligro para el conductor (niebla, lluvia, hielo, viento, nieve y granizo).



Figura 51 Pantalla principal Trànsit.

La aplicación muestra la intensidad de tráfico de las vías mediante la representación de líneas junto al trazado de las mismas, una por sentido de circulación. El código de colores es el siguiente: fluido (verde), denso (amarillo), congestión (rojo), vía cortada (negro) y sin información (gris). Además, se muestran una serie de iconos sobre el mapa con información sobre:

- incidencias producidas. Se indica la vía dónde se produce el incidente, sentido de circulación, punto kilométrico inicial y final y causa. Adicionalmente, aparece la fecha y hora que se ha reportado esa incidencia en el *Servei Català de Trànsit*.

- Cámaras de tráfico: Se muestra por pantalla la imagen congelada de las distintas cámaras de control del tráfico que están disponibles. Estas imágenes, que se van actualizado cada pocos minutos, permiten ver el estado de la vía en los diferentes puntos que existen estas cámaras.
- Paneles informativos: Con esta opción, se visualiza la información actual plasmada en los diferentes paneles que hay presentes en las carreteras catalanas.
- Alteraciones por obras: Indica la afectación producida por obras, la vía en la que se produce, el sentido de circulación, el punto kilométrico inicial y el final y la causa.

4.1.1.2. *RACC Infotransit*

La aplicación *Infotransit* del *RACC* utiliza la información proporciona por el *Servei Català de Trànsit* y a su vez añade diferentes utilidades muy interesantes que complementan la aplicación. Centrándonos en la información estrictamente relacionada con la seguridad vial, la principal novedad que ofrece la aplicación respecto a la anterior, es la interacción entre los usuarios sobre las incidencias reportadas por los mismos.

Fijándonos en la Figura 52, que se muestra a continuación, podemos ver como en la parte superior derecha se encuentra el menú principal (A).

A su izquierda, el botón servicios (B) muestra mediante la selección de iconos, aquella información que queremos que se represente sobre el mapa (parkings, radares, gasolineras y cámaras).

En primer plano, está el mapa de *Google Maps* (C) con la diferente información que se proporciona. El mapa se puede ampliar, reducir y mover deslizándose sobre la pantalla.

Finalmente, en la parte inferior de la pantalla (D) se hayan dos botones, el primero sirve para reportar una incidencia o un radar móvil a los demás conductores que dispongan de la app y el segundo permite visualizar una estimación del estado del tráfico para las próximas horas.



Figura 52 Pantalla principal RACC Infotransit

Igual que pasa con la aplicación de *Trànsit*, el mapa proporcionado contiene información sobre la intensidad de circulación de la vía (para cada sentido) mediante un código de colores: fluido (verde), intenso (naranja), saturado (rojo) y vía cortada (negro).

Por un lado, se pueden visualizar las cámaras de control de tráfico, las zonas de congestión, meteorología adversa, obras y conos. Por otro lado, como novedades respecto a la aplicación analizada anteriormente, se muestran las gasolineras, radares, parkings, control de semáforo en rojo y las incidencias y radares reportadas por los usuarios.

Respecto esta última función, se puede configurar a través del menú principal (A) el radio de alerta para el cual se muestra la notificación sobre la incidencia reportada. Esto resulta útil para filtrar únicamente aquellas afectaciones que estén cerca de la ubicación del conductor.

4.1.1.3. DGT

Esta aplicación gratuita es la que ofrece la Dirección General de Tráfico, dependiente del Ministerio de Interior del Gobierno de España. Al igual que en las anteriores, se proporciona

información del estado del tráfico y sus incidencias mediante la representación de iconos superpuestos a un mapa de *Google Maps*. No obstante, las vías no están coloreadas en función de su intensidad de circulación, únicamente se muestra esa información como un solo punto ubicado en el mapa.

En referencia a los demás aspectos, es muy similar a *Trànsit*. Como punto destacable, cabe mencionar que la aplicación no tiene acceso a las imágenes proporcionadas por las cámaras de tráfico en Catalunya, pese a disponer de esta opción en la resta de vías del estado. De igual forma, los radares tampoco aparecen en la zona de Catalunya.

En la parte superior de la pantalla podemos encontrar un botón de aviso al servicio de emergencias 112 (A) y el filtro de selección de información (B) para la visualización de las incidencias, las cámaras y los radares.

En el mapa (C) proporcionado por *Google Maps*, el usuario puede desplazarse por él y acercarlo o reducirlo.

En la parte inferior se localiza una botonera (D) con las funciones de actualizar el mapa, mostrar las restricciones de vehículos pesados, entrar el mapa en función de la ubicación actual, mostrar la leyenda, los parámetros de configuración y el listado de las incidencias en la zona de mapa que aparece en pantalla.

A diferencia de las otras aplicaciones, esta ofrece la posibilidad de mostrar una ruta mediante la inserción del origen y destino, con una estimación de duración del trayecto incluida. Mientras está activado este modo, DGT nos da avisos de incidencias y radares en la ruta cuando nos aproximamos a ellos (a una distancia configurable en los parámetros). A pesar de ello, esta funcionalidad no sabe diferenciar de aquellas incidencias, radares o afectaciones de la vía del recorrido seleccionado, muestra los avisos que hay en un determinado radio de alcance independientemente de que se ubiquen en la misma vía por la cual se va a pasar y sin diferenciar el sentido al cual nos dirigimos.



Figura 53 Pantalla principal DGT

4.1.1.4. Google Maps

La aplicación de *Google Maps* tiene como principal función el cálculo de rutas para llegar a un destino seleccionado. El aspecto más destacable es que tiene en cuenta el estado de intensidad de circulación de las vías, indicado mediante un código de colores. Además, muestra en todo momento una estimación de duración del trayecto en las condiciones actuales, además de mostrar las diferentes rutas alternativas también con el tiempo estimado y la distancia.

A diferencia de las anteriores, no informa directamente sobre la incidencia.

4.1.2. Redes sociales

- *Equip Viari (@equipviari)*: Es el canal de información del equipo viario y el servicio de movilidad de Catalunya Radio, medio de comunicación público del gobierno de la *Generalitat*. En esta página, se reportan las diferentes incidencias y estado de circulación de las carreteras catalanas. La información es difundida mediante *Twitter*.

- *Territori (@territoricat)*: Canal oficial de información, a través de *Twitter*, del *Departament de Territori i Sostenibilitat* de la *Generalitat de Catalunya*. En sus publicaciones se encuentran todas aquellas noticias relacionadas dentro del ámbito del departamento, en las cuales se encuentra información sobre actuaciones y obras en carreteras.
- *Trànsit (@transit)*: Canal de información oficial del *Servei Català de Trànsit* (*Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya*), reporta las alteraciones del tráfico y el estado de circulación de las diferentes vías del territorio catalán. La plataforma de difusión que utiliza es *Twitter*. A partir de las 23:00 h, este perfil avisa de que continúa reportando las incidencias en la web¹⁹.
- *DGT Información*: Este perfil, es el canal oficial de la DGT, donde informa sobre el estado de circulación de las carreteras y las alteraciones e incidencias más destacables que se producen en ellas. Las vías sobre las cuales informa son todas las del territorio español. La plataforma que utiliza es *Twitter*.



Figura 54 Perfiles de Twitter

A parte de estos perfiles de *Twitter*, es interesante mencionar que cualquier información de la C-17 publicada en *Twitter*, puede ser buscada introduciendo el *hashtag* #C-17.

¹⁹ Enlace web <https://goo.gl/vjNEAp>

- *Anti Radars Vallès*: Esta Página, muestra información sobre las incidencias en el estado de circulación, radares móviles, accidentes producidos y cualquier otra alteración de las carreteras ubicadas en las comarcas del *Vallès*. Su funcionamiento se basa en la interacción de sus usuarios mediante las observaciones reportadas por los mismos y que es publicada inmediatamente para difundir dicha información con el resto. Esta página, está disponible en *Facebook*, *Twitter* y recientemente ha creado una *app* para *Android*.

4.1.3. Medios de comunicación

Los medios de comunicación que hacen más repercusión de noticias relacionadas con accidentes y otros aspectos de la autovía C-17 son, en la mayoría de casos, diarios digitales locales y comarcales. A continuación, se expone el listado de dichos medios que publican tal información:

- *Revista Digital del Valles*: Medio digital dedicado a la publicación de noticias que afectan a Granollers y al resto de poblaciones del Vallès Oriental.
- *El 9.Cat*: Diario digital donde se publican noticias de carácter local, con dos ediciones distintas: una para el Vallès Oriental y otra para las comarcas de Osona-Ripollès. Estas comarcas, son precisamente junto al Barcelonès, aquellas por las cuales discurre la C-17.
- *Nació digital*: Este diario digital, da cobertura a toda Catalunya y a la Comunidad Valenciana. A su vez, presenta ediciones comarcales con información más específica. Las informaciones referentes a la autovía C-17 han sido publicadas en las siguientes ediciones comarcales: *Osona.com*, *Nació Ripollès* y *Nació Granollers*.
- *Catalunya Diari*: Medio digital que se dedica a la publicación de noticias con afectación al territorio catalán.

A parte de estos medios, en menor medida también aparecen noticias relacionadas con la C-17 en medios generales como La Vanguardia, El Periódico o la edición de Catalunya de El País.

4.1.4. Canales de participación ciudadana

Otro de los aspectos interesantes, es mencionar las vías que tienen los usuarios para reivindicar algún aspecto a corregir, según su criterio. A continuación, mencionaremos dos de ellas, aplicadas a nuestro caso de estudio.

4.1.4.1. Vía directa RACC

Mediante esta herramienta, el usuario puede reportar cualquier observación que crea conveniente, con el objetivo de que se estudie su propuesta por parte del RACC, y éste último la comunique a las administraciones. En la Figura 55 Vía directa RACC se pueden ver aportaciones que han hecho los usuarios en un punto de la C-17.

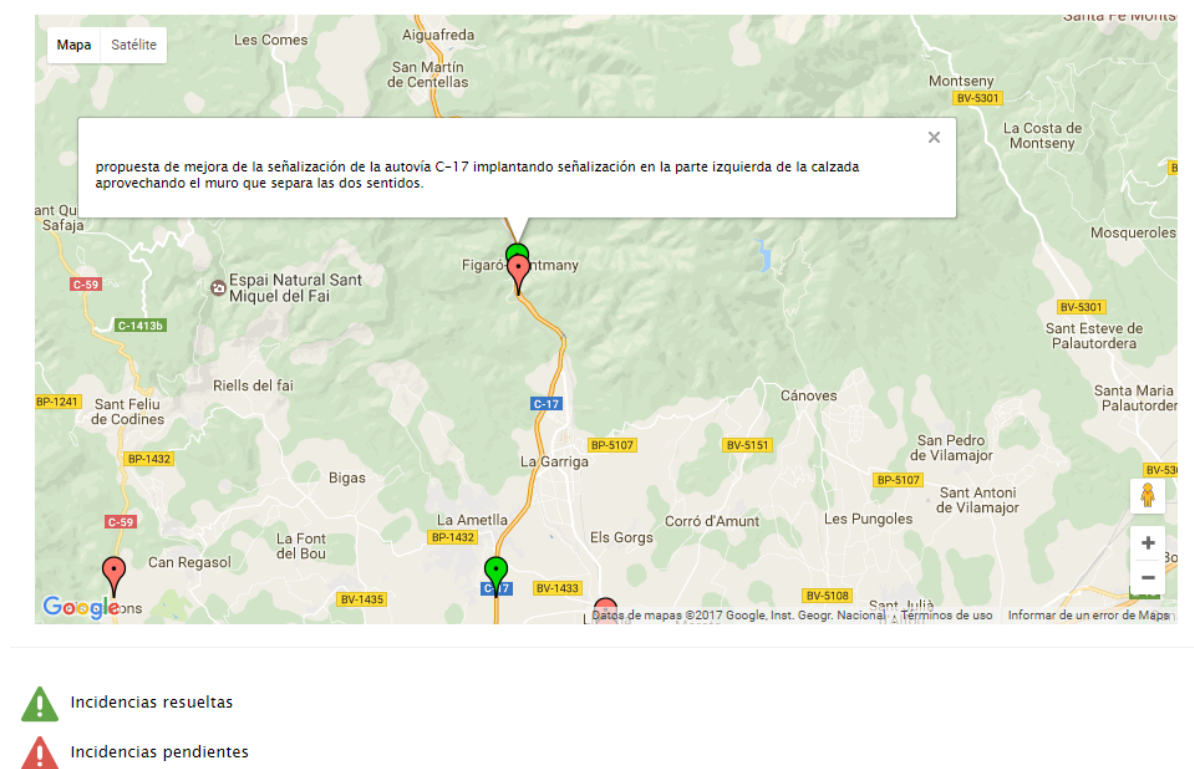


Figura 55 Vía directa RACC [22]

4.1.4.2. Plataforma *Stop Accidents C-17*

Esta plataforma ciudadana está constituida para reivindicar, ante las administraciones, mejoras definitivas en la vía a causa de los numerosos accidentes producidos y la ineficacia de las medidas aplicadas hasta la fecha, según su opinión.

Estos últimos meses han focalizado sus protestas entorno a los últimos desprendimientos producidos y a la falta de soluciones. Por ello, han organizado diferentes actos en señal de protesta, como por ejemplo cortes en la carretera.

A través de esta plataforma, es posible realizar las observaciones pertinentes sobre aspectos de riesgo en la vía, para que de esta manera, la reivindicación sea mucho más potente.

4.2. Novedades en sistemas de seguridad activa

4.2.1. Iluminación

Con el objetivo de lograr una mayor visibilidad de noche y de ser vistos sin deslumbrar, se han desarrollado diferentes tecnologías durante los últimos años. Actualmente, como tecnología más puntera, se han concebido los faros que combinan diodos LED con diodos laser. Los únicos fabricantes que ya lo han aplicado a alguno de sus modelos han sido Audi y BMW, concretamente en los modelos R8 (Audi) y el i8 y Serie7 (BMW). Citando el ejemplo de Audi, analizamos su sistema compuesto por estas dos tecnologías.

En primer lugar, el sistema *Matrix* LED consiste en número variable de diodos led entorno los 40 (según el modelo) distribuidos por todo el foco. Mediante sensores, que se encargan de detectar la presencia de vehículos que puedan ser deslumbrados, apagan y encienden estos diodos además de regular su intensidad, todo en ello en tiempos del orden de milisegundos. De esta manera, las diferentes fuentes de del foco proyectan luz únicamente en las zonas que no se detecte un vehículo que no pueda ser molestado. Adicionalmente, el sistema es capaz de detectar la presencia de un peatón. En este caso, los leds correspondientes que cubren la zona de luz proyectada sobre el peatón emiten tres destellos de alta intensidad para que el conductor se dé cuenta su presencia, además de advertir al peatón. Otra de las funciones es su sincronización con el sistema de navegación, lo cual permite que el haz de luz se adapte al trazado de la vía antes de que el conductor

realice la maniobra. Es decir, poniendo por ejemplo el caso de un tramo recto que finaliza en una curva de derechas, la proyección del haz de luz se irá orientando automáticamente hacia la derecha mientras el vehículo se está aproximando a la curva, puesto que el sistema de navegación conoce nuestra posición y que la carretera tiene a continuación un giro hacia la derecha.

En segundo lugar, el sistema laser está ideado para complementar el sistema LED de largo alcance, pensado especialmente para la conducción en autopistas. Su sistema consta de un módulo de 4 diodos laser que emiten un haz de 450 nm de longitud de onda, de color azul. Este rayo incide sobre un micro espejo de 3 mm de diámetro, controlado electromecánicamente, que refleja el haz sobre un convertidor de fósforo encargado de transformar el haz del láser azul reflejado en luz blanca de temperatura de color de 5.500 K, lo que supone un color prácticamente igual a la luz del día. Finalmente, el haz pasa por una lente para ser proyectado homogéneamente en la carretera.

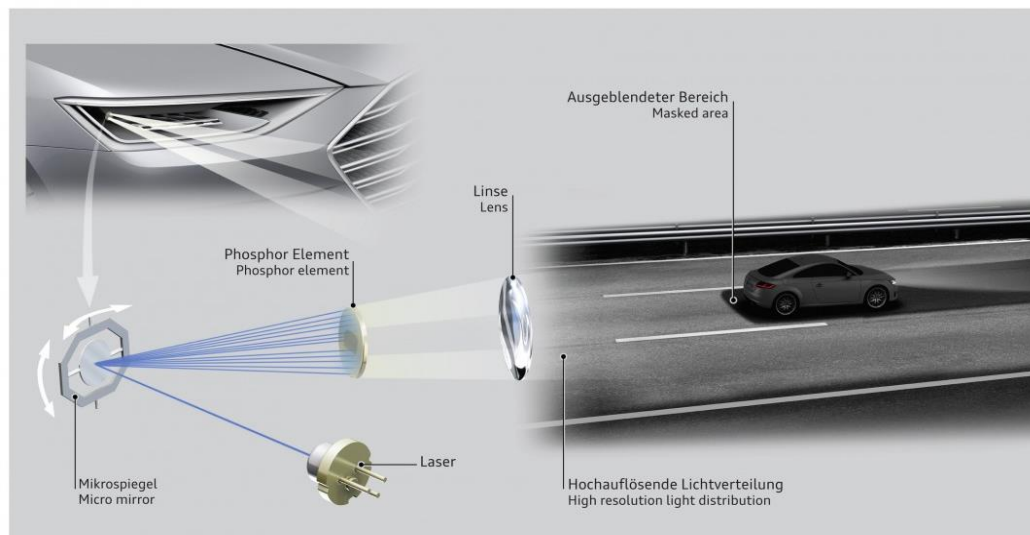


Figura 56 Tecnología de iluminación Laser iLaS [31]

El micro espejo es el elemento, que mediante su posición variable, modifica la proyección de la luz. A velocidades bajas, la luz proyectada por el láser abarca un mayor campo de

visión (mayor ángulo). En cambio, a medida que va aumentando la velocidad, el ángulo se va reduciendo y la luz adquiere mayor alcance e intensidad, llegando hasta los 600 m.

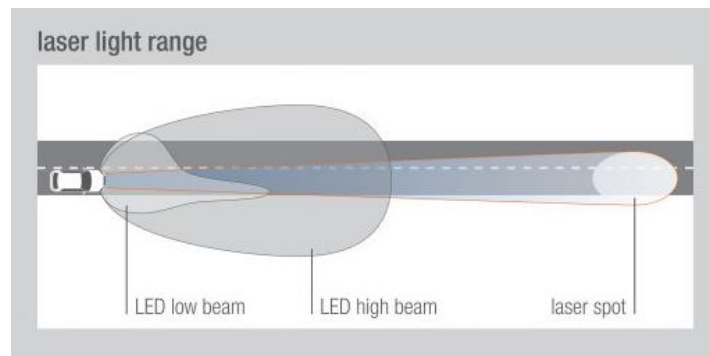


Figura 57 Rango de alcance del sistema LED + Laser [30]

Cabe mencionar que, tanto para Audi como para BMW, la tecnología de los diodos láser es desarrollada por Osram y el micro espejo de control electromecánico por Bosch.

4.2.2. Sistemas de frenado

El sistema de frenado es el encargado de desacelerar el vehículo cuando el conductor lo requiere. A partir de recibir el input del conductor, cuando éste oprime el pedal de freno, los dispositivos implicados se encargan de multiplicar esta fuerza, transformar-la y transmitirla hidráulicamente hacia las pastillas de freno que oprimen el disco o tambor para que la rueda disminuya su movimiento, y por consiguiente el vehículo. El principal objetivo de este sistema es reducir al máximo la distancia de frenado, y consecuentemente el tiempo que tarda en inmovilizarse el vehículo, en caso de que la situación lo requiera, y adicionalmente, que no se pierda el control sobre el vehículo.

En primer lugar, analizamos las características básicas de los elementos mecánicos del sistema de frenado, concretamente el servofreno. Para ejemplarizar este caso, trabajaremos en base al producto referente y standard en la industria: los sistemas de frenado del fabricante Bosch, que son los que incorporan casi la totalidad de fabricantes de automóviles y los que están en continuo desarrollo. Este elemento consta de un cilindro maestro *TMC* conectado al amplificador o *Booster* y el depósito del líquido de frenos (fluido

utilizado para la transmisión de fuerza del servofreno a las ruedas), que en conjunto conecta el pedal de freno (fuerza mecánica) con el circuito hidráulico (fuerza hidráulica).

El aspecto interesante de este apartado es la forma en el que este sistema interpreta la reacción del pedal de freno para multiplicarla y aplicarla a las ruedas:

En primer lugar, la respuesta del freno no es directamente proporcional a la pisada del pedal por parte del conductor, cada fabricante de automóviles encarga su propia configuración según sus requerimientos.

En segundo lugar, y como aspecto más relevante en términos de seguridad, el sistema es capaz de detectar mecánicamente, sin ningún tipo de electrónica, cuando una frenada es de emergencia. En otras palabras, si la reacción en el pedal es brusca pero a la vez el conductor no lo oprime hasta el fondo, el servofreno lo interpreta como una frenada de emergencia y aplica toda la fuerza disponible al circuito hidráulico independientemente de cómo de oprimido esté el pedal en ese momento. Con este último punto, se puede lograr una reducción de la distancia de frenado, lo cual puede ayudar a evitar numerosos accidentes o minimizar sus consecuencias.

Como mención aparte, el sistema está complementado, a su vez, con los sistemas electrónicos que posibilitan que la fuerza aplicada a las ruedas en el frenado sea repartida correctamente para evitar el bloqueo de las mismas y la pérdida de control, dirección y tracción. Todo ello sin penalizar la distancia (y el tiempo) de frenado.

A continuación, en la Tabla 9, se muestra un resumen de las diferentes tecnologías en la electrónica de frenado.

ABS <i>Antiblockiersystem</i>	En situación de inminente de bloqueo de ruedas por fuerte frenada, el sistema alivia la fuerza aplicada a las ruedas para que estas no lleguen a bloquearse del todo. Posteriormente, vuelve a aplicarles fuerza hasta que se produce de nuevo la primera situación. El proceso se repite cíclicamente hasta que el vehículo se detiene o el conductor libera el pedal.
Reparto electrónico de frenada	Distribuye la fuerza de frenada entre las 4 ruedas de tal forma que el coche se detenga lo antes posible y sin que pierda el control.
Control de Tracción	En situación de patinaje entre la rueda y el firme, por exceso de aceleración y/o por firme resbaladizo, el sistema reduce el par de giro de la rueda hasta que vuelve a recuperar la adherencia.
ESP Control de estabilidad	Se encarga de centralizar los sistemas anteriormente descritos. Su función es dirigir el vehículo por la trayectoria marcada por el conductor, en situaciones en que se pierde debido a giros bruscos por excesiva aceleración y/o estado del firme.

Tabla 9 Cuadro resumen de electrónica de frenado

4.2.3. Asistente cambio de carril involuntario

Este sistema, desarrollado por primera vez por Volkswagen en 2008, permite corregir el rumbo del vehículo si éste detecta que se está saliendo de la trayectoria del carril. Mediante una cámara en el retrovisor, el sistema detecta las líneas de delimitación y calcula el tiempo y distancia restante que falta para sobrepasar cualquiera de las dos líneas. Una vez detectada la situación de salida inminente, el sistema actúa mediante la dirección asistida para corregir el error del conductor. Su funcionamiento se activa a partir de los 65 Km/h.

En situaciones en que se requiere la intervención del conductor, debido a que la asistencia realizada por el sistema es insuficiente, se emite una señal acústica o de vibración en el volante, dependiendo de las marcas. El gran inconveniente de este sistema, es que, en condiciones meteorológicas desfavorables, por ejemplo, con lluvia, donde la pintura de la carretera no se ve con nitidez, el sistema no puede actuar.

5. IMPACTO AMBIENTAL

La realización de este estudio no ha implicado la implantación de ningún proyecto ni la creación de ningún tipo de prototipo o sistema a implementar. Por lo tanto, todos los gastos asociados al mismo, se deben única y exclusivamente al trabajo de campo (trayectos en automóvil), a los gastos asociados a la redacción de la memoria y a la recopilación de información (electricidad) y a los desplazamientos debido a las distintas reuniones.

Para estimar el impacto ambiental, se cuantificarán dos variables: Emisiones de CO₂ equivalentes (kgCO₂) y residuos radioactivos generados (mg). Ésta última, asociada exclusivamente al uso de electricidad. En el caso de del CO₂, las fuentes de emisión son dos: Consumo de energía eléctrica, consumo de combustible en el automóvil.

Para la determinación de los dos valores, se utilizarán los factores mostrados en la factura de la luz, calculados por la Comisión Nacional de los Mercados y Competencia. En el caso de emisiones de CO₂, el factor de conversión es de 0,40 kgCO₂/kWh. Para los residuos radioactivos es de 0,65 mg/kWh.

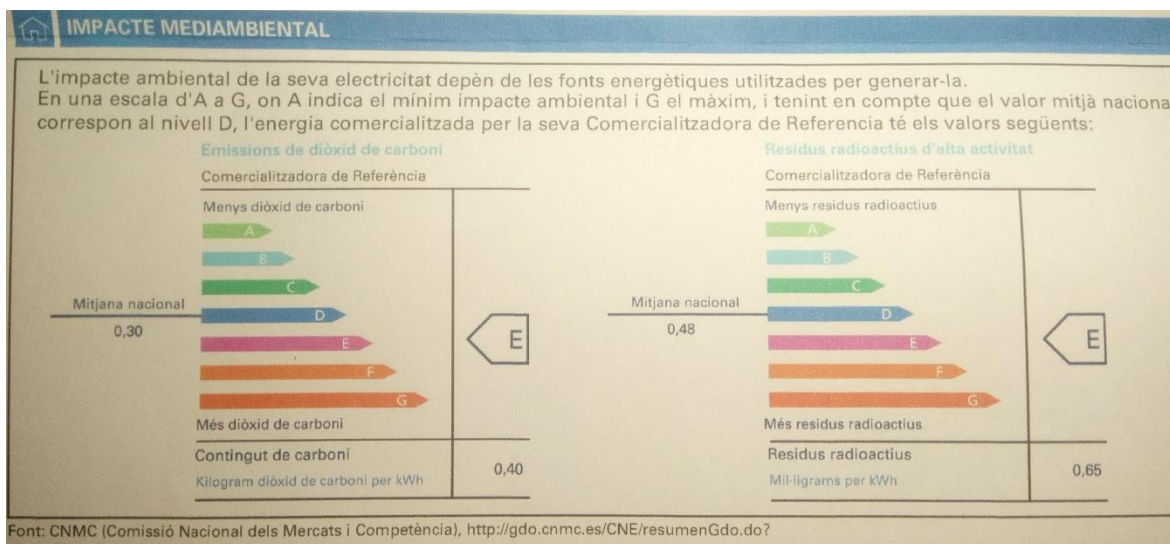


Figura 58 Factores de emisión CO₂ y residuos radioactivos.

Para el cálculo de CO₂ en el vehículo, se ha determinado un consumo de 5,8 l/km y 138 g/Km según sus características indicadas por el fabricante. Teniendo en cuenta que el desplazamiento entre mi domicilio y la universidad es de 26,7 km y el de mi trabajo a la universidad al trabajo de 35,9 km, se obtienen los siguientes resultados:

	Distancia [km]	Potencia [W]	Tiempo [h]	Emisiones CO2 [kgCO2 eq]	Residuos radioactivos [mg]
Recorrido C-17 completa (domicilio-Ripoll-domicilio)	202,0			27,9	
Reunión 1 (domicilio -universidad-domicilio)	53,4			7,4	
Reunión 2 (trabajo -universidad-domicilio)	62,6			8,6	
Reunión 3 (domicilio -universidad-trabajo)	62,6			8,6	
Reunión 4 (domicilio -universidad-domicilio)	53,4			7,4	
Subtotal vehículo	434,0			59,9	
Fuentes de iluminación		50,0	290	5,8	9,4
Ordenador portátil		45,0	290	5,2	8,5
Subtotal electricidad		95,0		11,0	17,9
TOTAL				70,9	17,9

Tabla 10 CO2 y residuos radioactivos generados.

Emisiones de CO₂ equivalentes: 70,9 kg.

Residuos radioactivos generados: 17,9 mg.

6. ORGANIZACIÓN

La realización de este estudio, se ha llevado a cabo mediante la siguiente planificación. Las tareas a desarrollar, han sido todas aquellas que se han creído necesarias para la correcta consecución del mismo, seguidas con coherencia y realizada teniendo en cuenta los objetivos a seguir y el alcance definido.

A continuación, en la Tabla 11 Descripción de tareas, se exponen dichas actividades. Posteriormente, en la Figura 59 Diagrama de Gantt, se define el desarrollo temporal de las mismas.

Nombre de la tarea	Descripción
<i>Project Charter</i>	Definición de las actividades necesarias para desarrollar el estudio
Información preliminar C-17	Búsqueda de información básica sobre aspectos generales del tipo de vía, historia, recorrido, zona geográfica por la cual discurre y otras características principales.
Información técnica C-17	Búsqueda tipología de vía en función de los diferentes tramos, orografía del terreno y características de los mismos (densidad de circulación y porcentaje de vehículos pesados principalmente)
Estudio accidentes producidos	
Información en prensa	Búsqueda y recopilación de toda la información, mediante los artículos proporcionados por el tutor del TFG y otras informaciones publicadas, de los accidentes producidos en los últimos años en la vía de estudio.

Análisis de las causas	Síntesis de la información anterior y extracción de los datos principales. Además, realizar la clasificación sobre los diferentes tipos de accidentes detectados.
Determinación de los tramos riesgo	Localizar aquellos tramos críticos según toda la información recopilada hasta la fecha. Determinando cual es su peligrosidad principal.
Estudio propuestas de mejora en la vía	
Recopilación información	Búsqueda y lectura de los diferentes planes proyectados por la administración en materia de infraestructuras, además de las noticias en prensa y en medios oficiales sobre próximas actuaciones.
Análisis	Relacionar esas propuestas con la situación detectada en ese tramo concreto de la vía. Identificando si la medida es acorde la problemática establecida.
Estudio del factor humano en la accidentalidad	
Preparación de encuestas	Formulación de las preguntas con el objetivo de extraer la máxima información posible, y que pueda utilizarse para determinar la concienciación de los encuestados.
Lanzamiento de la encuesta	Período de aceptación de respuestas, seguimiento de resultados.
Análisis de respuestas	Análisis de resultados obtenidos y determinación de los factores de riesgo más presentes.

Observación de la vía con toma de fotografías	Realización de trayectos exclusivamente para analizar los distintos puntos de la vía de interés. Realización de fotografías.
Estudio propuestas seguridad vial	Lectura y análisis de las actuaciones por parte de la administración en materia de reducción de la accidentalidad. Sintetizar las diferentes líneas de actuación reflejadas.
Identificación factores de riesgo	
Síntesis de la información	Interrelacionar toda la información hasta la fecha, estableciendo vínculos entre ellas para determinar causas y consecuencias.
Aplicación de las observaciones	Complementar el análisis anterior con las observaciones propias, estableciendo el análisis definitivo de todo el conjunto para la posterior obtención de conclusiones.
Información en tecnologías del vehículo	Búsqueda de información sobre tecnologías de información al usuario y de seguridad activa en el vehículo.
Análisis impacto ambiental	Elaboración del impacto ambiental del estudio mediante el análisis de las tareas realizadas para su consecución.
Elaboración presupuesto	Elaboración del presupuesto del estudio mediante el análisis de las tareas realizadas para su consecución.
Síntesis de las conclusiones y actuaciones futuras	Exposición final de los resultados y planteamiento de acciones futuras para la consecución del objetivo final.

Revisión	Lectura completa y corrección (en caso de que sea necesaria) de todos los puntos del estudio.
----------	---

Tabla 11 Descripción de tareas

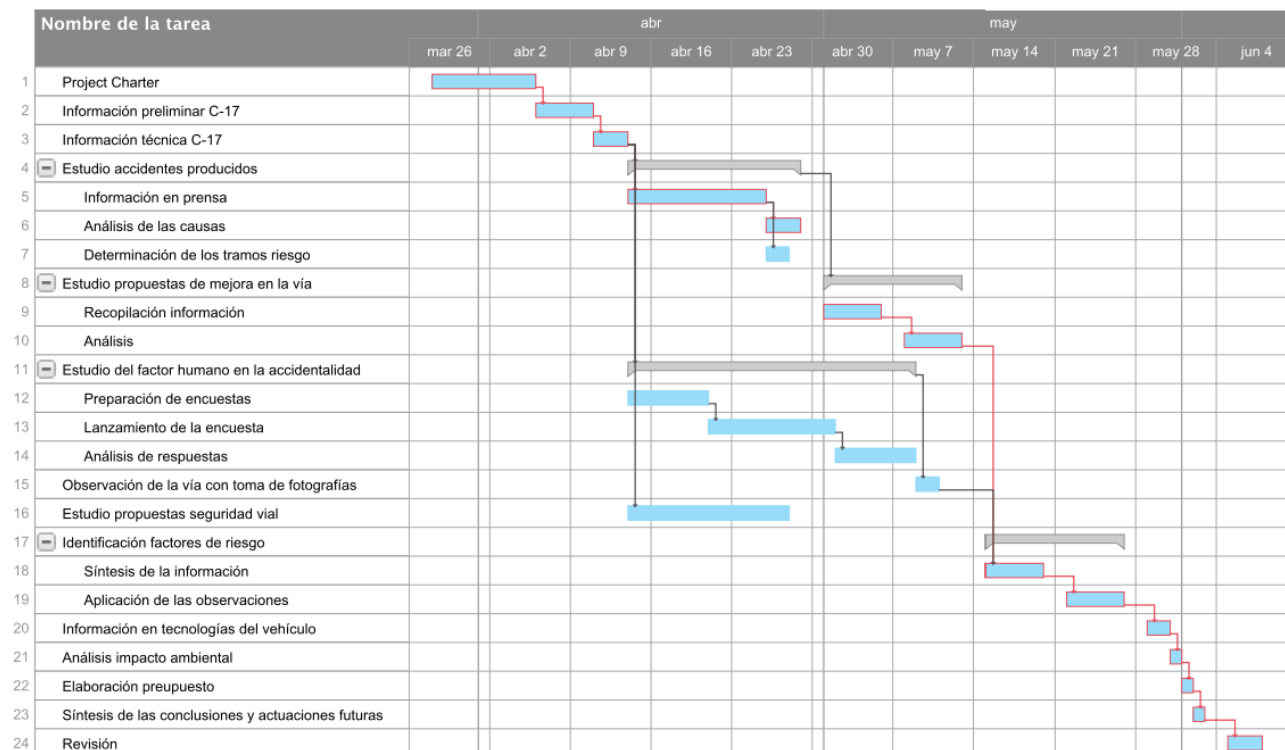


Figura 59 Diagrama de Gantt

7. CONCLUSIONES

Tras sintetizar cuidadosamente toda la información recogida y analizada en este estudio, se han extraído una serie de conclusiones que ponen de manifiesto lo siguiente:

En primer lugar, la accidentalidad vial depende de múltiples circunstancias, algunas de ellas impredecibles, lo cual supone una gran complejidad tener bajo control todos los factores implicados. Por ello, incurriendo al análisis establecido, es necesario obtener la máxima cantidad de información posible en cuanto a accidentes producidos, para poder trabajar sobre una base sólida y poder tener una visión más amplia sobre todas las causas. Claro ejemplo de ello es el poco nivel de detalle que se conocen sobre los diferentes accidentes analizados, siendo muy difusas las informaciones disponibles y sin ninguna base de datos al alcance del usuario en la que se detalle un completo registro de los mismos. Además, haciendo hincapié en ello, los accidentes reportados únicamente son aquellos en los que hay atestados, la cual cosa vuelve a reducir el espectro de información valiosa y útil que podría ser utilizada con fines de mejora. En este sentido, se ha de hacer un replanteamiento por parte de las administraciones para mejorar notablemente esta situación.

El otro aspecto a comentar, son las estadísticas con las cuales se trabajan para determinar los riesgos y la intensidad de circulación. La metodología utilizada no tiene en cuenta las peculiaridades de la vía, en el primer caso, únicamente se extraen conclusiones, sobre riesgo de accidentalidad, a partir de escasos datos (media de accidentes e intensidad media de circulación básicamente). Para la intensidad de circulación, no se tienen en cuenta los picos, únicamente la media, la cual cosa puede comportar interpretaciones poco precisas.

En segundo lugar, centrándonos en el caso del estudio de la vía, se pueden determinar dos tramos especialmente particulares que concentran tanto la mayoría de problemáticas detectadas como los accidentes producidos:

El primero de ellos es el que se encuentra entre Parets y La Garriga. Este parte de la autovía es de tipología carretera convencional desdoblada, es decir, está reacondicionada a partir de una nueva calzada añadida a la existente. Ello implica, que el trazado no se ha diseñado como tal, simplemente ha sido un desdoblamiento de una carretera convencional antigua la cual está ideada para otro tipo de conducción, comportando que el diseño del mismo no

cumpla con los estándares actuales de una autovía de construcción desde cero. Este hecho se pone de manifiesto con la percepción de conducción rápida en algunas curvas, aun circulando por debajo del límite de velocidad. A parte, la mayoría de accesos tienen poca visibilidad y no cuentan con carriles de aceleración ni deceleración, la cual cosa comporta situaciones de riesgo. Los arcenes son escasos i no hay bandas sonoras en prácticamente la totalidad del tramo. El estado del firme es pésimo, en condiciones de lluvia el firme no drena adecuadamente y se crean situaciones de *aquaplaning*, además de la pésima visualización de las líneas de la calzada en esas condiciones.

El otro caso relevante es el de la zona de desprendimientos. Aquí, tanto el trazado como esta problemática son potenciales fuentes de riesgo en la consecución de los accidentes. Son numerosos los desprendimientos que se han producido, y analizando la situación orográfica del terreno y las imágenes disponibles, se concluye que es prácticamente inevitable que se produzcan más. La calzada sentido Ripoll está prácticamente pegada a los taludes, que además, son totalmente verticales sin ninguna inclinación.

Analizando las propuestas de la administración, vemos como estas son coherentes con lo expuesto anteriormente, se centran en corregir esos aspectos: mejora del firme y aplicación de mallas en los taludes. Pese a ello, no solucionan el problema de raíz, que requiere de grandes inversiones puesto que se tendría que modificar el trazado o hacer uno de nueva construcción para solventar tanto un problema como el otro. En uno de los planes a largo plazo, está contemplada esta opción, lo cual denota el conocimiento de la causa.

Mención aparte, está la construcción del tercer carril, que también es acorde a los niveles de intensidad de circulación del tramo en concreto, tratándose del que dispone de más intensidad de circulación. De igual forma, se mejora el acceso norte a la C-17 desde la AP-7 y la C-33, punto de retenciones sistemáticas.

En cuanto a hábitos del conductor, se llegan a las mismas conclusiones que las administraciones. Principalmente, destacan el exceso de velocidad, el masivo uso del teléfono móvil y la conducción bajo los efectos del alcohol y drogas. Las medidas aplicadas en materia de seguridad, van enfocadas principalmente en esta línea, intensificación de controles sobre estas variables, además de conseguir concienciar al mayor número posible de personas.

A partir de estos resultados, se definen a continuación, futuras líneas de actuación a seguir para corregir estos aspectos y avanzar hacia la supresión de la accidentalidad:

En primer lugar, la tecnología actual de la información es suficiente como para implantar una base de datos completa sobre accidentalidad. Sería conveniente integrar en el automóvil algún tipo de registro de la velocidad, posición y datos de los diferentes sensores para ser utilizados, exclusivamente, en caso de producirse un accidente, algo similar a las cajas negras de las aeronaves. Además, esto se podría utilizar a tiempo real para conocer la intensidad de circulación en las diferentes vías, informar al usuario y elaborar estadísticas más precisas. Probablemente se trate de una idea de compleja implementación y con numerosos detractores a causa del “control” sobre el ciudadano, pero la tecnología existe y es una posible línea de actuación.

En segundo lugar, hace falta un replanteo en el análisis e interpretación de datos sobre accidentalidad y otros indicadores como la intensidad de circulación. No puede ser que únicamente se tengan en cuenta dos variables y solo se trabaje con las medias. Se ha de implementar un metodología, a estudiar, más precisa y teniendo en cuenta más factores.

En relación a la vía, las medidas a aplicar van en la dirección de las ya planeadas por la administración. En adición a ellas, focalizaría las siguientes actuaciones en planear mejoras en todos los enlaces de la C-17 con la AP-7 y C-33, estableciendo carriles adicionales y de longitud notable. Con unos buenos accesos y el tercer carril se conseguirían mejoras relevantes en la descongestión de esta vía en horas punta.

En relación a la educación vial, hace falta una formación clara a la población sobre hábitos de conducción y posibles riesgos. Al fin y al cabo, se ha podido concluir como éste es el factor más relevante y los demás simplemente contribuyen en mayor o menor medida a agravar la situación. En este sentido, las novedades tecnológicas se centran cada vez más en quitar influencia al conductor mediante sistemas electrónicos, con el horizonte puesto en la conducción totalmente autónoma. Los desarrollos tecnológicos han de ir en esta dirección por un simple motivo: lograr a largo plazo que no haya ninguna víctima por accidente de tráfico.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Generalitat de Catalunya, Decret 261/1999, 28 de septiembre, por el cual se aprueba el sistema de codificación de la red de carreteras de Cataluña, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1999.
- [2] Catalunya, Observatori viari de, «Capítol 4 Dades i indicadors econòmics de la xarxa concessionada,» de *Anuari estadístic VIACAT 2014*, Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, 2014.
- [3] Generalitat de Catalunya, «Disposición. Artículo 5,» de *Ley de Carreteras. Decreto Legislativo 2/2009*, Barcelona, Generalitat de Catalunya, 2009.
- [4] Departament de Territori i Sostenibilitat, Catàleg de carreteres de Catalunya, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2013.
- [5] Observatori viari de Catalunya, Anuari estadístic VIACAT 2014, Barcelona: Generalitat de Catalunya Departament de Territori i Sostenibilitat, 2014.
- [6] VIACAT, «Mapa interactiu. Descripció de la xarxa,» [En línea]. Available: <http://sig.gencat.cat/visors/viacat.html>. [Último acceso: 20 marzo 2017].
- [7] Observatori viari de Catalunya, Intensitat mitjana diària 2014 de vehicles pesants a la xarxa d'autopistes i vies d'alta capacitat de Catalunya. Mapa 7b, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, 2014.
- [8] O. v. d. C. VIACAT, Intensitat mitjana diària de 2014 a la xarxa d'autopistes i vies d'alta capacitat de Catalunya. Mapa 7a, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, 2014.
- [9] EuroRAP, Listado tramos de riesgo Catalunya lista EuroRap 2015, Barcelona: EuroRAP, 2015.
- [10] RACE, Informe RACE EuroRap 2015, Madrid: RACE, 2015.

- [11] EuroRAP, Resultados del Estudio EuroRAP Catalunya 2016, Barcelona: RACC, 2016.
- [12] El Periódico Redacción, «Dos muertos y 22 heridos en un accidente de un microbús en la C-17,» 4 junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/sociedad/dos-muertos-heridos-accidente-tunel-figaro-c-17-6083279>. [Último acceso: 8 junio 2017].
- [13] I. I. C. i. G. d. Catalunya, Mapa geològic de Catalunya. Geotrell VI. Mapa per a la prevenció dels riscos geològics. La Garriga 364-1-2 (73-28), Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2016.
- [14] Servei Català de Trànsit, «2.1 Tendencias marcadas por organismos internacionales,» de *Pla estratègic de seguretat viària de Catalunya 2014-2020*, Barcelona, Generalitat de Catalunya, 2014, p. 19.
- [15] Servei Català de Trànsit, *Pla estratègic de seguretat viària de Catalunya 2014-2020*, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2014.
- [16] Servei Català de Trànsit, *10 mesures per a reduir la sinistralitat viària 2016*, Barcelona, Barcelona: Generalitat de Catalunya Departament d'Interior, 2016.
- [17] Ministerio del Interior, Nota de prensa. Juan ignacio Zoido explica en el Congreso las nuevas medidas del Ministerio del Interior para reducir la accidentalidad en carretera, Madrid: Gobierno de España, 2017.
- [18] Departament de Territori i Sostenibilitat, PITC 2006-2016. Proposta de xarxa viària, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2006.
- [19] G. d. C. D. d. T. i. Sostenibilitat, «Comunicat de premsa. Comencen obres de millora del ferm a la C-17 entre Parets del Vallès i la Garriga,» Barcelona, 2017.
- [20] Departament de Territori i Sostenibilitat, Comunicat de premsa. Territori i Sostenibilitat licita obres de millora a la C-17 a Parets del Vallès, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2015.

- [21] Departament de Territori i Sostenibilitat, Comunicat de premsa. Territori i Sostenibilitat adjudica dos projectes de millora de la seguretat viària a la C-17 entre la Garriga i Centelles, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2017.
- [22] RACC, «Via Directa RACC,» [En línia]. Available: <https://fundacion.racc.es/mapa-de-incidencias>. [Último acceso: 8 junio 2017].
- [23] Gobierno de España, «REAL DECRETO 902/1995 Traspaso de servicios de la Administración del Estado a la Generalitat de Cataluña en materia de carreteras,» de *BOE núm. 155*, Madrid, Ministerio para las Administraciones Públicas, 1995, pp. 19818-19819.
- [24] Cedisna, Adjudicació Eix del Ter, Barcelona, 2006.
- [25] ICGC Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Geoíndex. Visualitzador de riscos geològics, Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2017.
- [26] Dirección General de Carreteras, Trazado. Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC, Madrid: Ministerio de Fomento Gobierno de España, 2016.
- [27] Percentatge de vehicles pesants a la xarxa d'autopistes i vies d'alta capacitat de Catalunya. Mapa 7e, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, 2014.
- [28] valles, «Piden que se instale un nuevo radar de tramo en la C-17 entre Aiguafreda y Tagamanent,» 8 abril 2017. [En línia]. Available: <http://revistadelvalles.es/2017/04/08/piden-que-se-instale-un-nuevo-radar-de-tramo-en-la-c-17-entre-aiguafreda-y-tagamanent/>.
- [29] R. NacióRipollès, «El Govern vol licitar l'ampliació de la C-17 a finals d'any,» 29 marzo 2017. [En línia]. Available: <http://www.naciodigital.cat/elripolles/noticia/28621/govern/vol/licitar/ampliacio/c-17/finals/any?rlc=a2>.
- [30] D. R. Fierderling, Interviewee, *La luz láser en la industria del automóvil: Preguntas y respuestas sobre la innovadora tecnología*. [Entrevista]. 2017.

- [31] Audi, «Matrix Laser technology,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.audi-technology-portal.de/en/electrics-electronics/lighting-technology/matrix-laser-technology1>. [Último acceso: 20 mayo 2017].
- [32] Bosch GmbH, «Brake systems,» [En línea]. Available: http://products.bosch-mobility-solutions.com/en/de/driving_safety/driving_safety_systems_for_commercial_vehicles/bremssysteme/bremssysteme_1.html. [Último acceso: 20 mayo 2017].
- [33] Secretaria per a la Mobilitat, Pla d'infraestructures de transport de Catalunya, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques., 2006.
- [34] Comissió d'Ordenació Territorial Metropolitana de Barcelona. Secretaria per a la Planificació Territorial, Pla territorial metropolità de Barcelona. Aprovació definitiva. Mem+oria General III Propostes, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, 2010.
- [35] RACE, «Sistema de cambio de carril,» [En línea]. Available: <http://www.race.es/motor/tecnologia/sistema-de-cambio-de-carril>. [Último acceso: 8 junio 2017].
- [36] valles, «Cortada completamente la C-17 en Canovelles por el accidente de un camión cargado de tierra,» [En línea]. Available: <https://goo.gl/45gHig>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [37] valles, «Espectacular accidente de un camión en la C-17 a la altura de Canovelles,» Revista Digital Vallès, [En línea]. Available: <https://goo.gl/hxzN0b>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [38] Readacció Osona, «Un mort i set ferits en un accident entre dos cotxes a la C-17 a Seva,» Osona.com, [En línea]. Available: <https://goo.gl/04ODjg>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [39] valles, «Tres coches y un camión accidentados en la C-17 a consecuencia de la lluvia,» Revista Digital Valles, [En línea]. Available: <https://goo.gl/3gg1K5>. [Último acceso: 20 abril 2017].

- [40] Redacció, «Un ferit greu en un accident a la C-17 a Montcada i Reixac,» Nació Digital, [En línia]. Available: <https://goo.gl/6NOEQF>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [41] Redacció, «Una noia de Manlleu, víctima de l'accident de la C-17 a Tagamanent,» Nació Digital.Osona.com, [En línia]. Available: <https://goo.gl/D0RrH9>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [42] G. Rico, «Dos ferits greus en un accident a la C-17 a Tona,» El 9.cat, [En línia]. Available: <https://goo.gl/cCj3P2>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [43] F. Polo, «Tres accidents compliquen la circulació a la C-17,» El 9.cat, [En línia]. Available: <https://goo.gl/xeCufS>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [44] Redacció, «Ferit lleu en un accident a la C-17 a Montcada i Reixac,» Catalunya Diari, [En línia]. Available: <https://goo.gl/XInDwt>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [45] valles, «Tres accidents a la C-17 a Tagamanent en poques hores de diferència,» Nació Digital, [En línia]. Available: <https://goo.gl/tRUvNv>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [46] R. Espuny, «Una topada entre tres vehicles a Vic acaba sense ferits,» El 9.cat, [En línia]. Available: <https://goo.gl/T7R7aw>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [47] Redacció, «Dos accidents a la C-17 amb quatre ferits causen llargues cues en els dos sentits al Vallès Oriental,» Catalunya Diari, [En línia]. Available: <https://goo.gl/Nu0NhK>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [48] Redacció, «El conductor que es va fugar de l'accident de la C-17 a Seva s'entrega i dona positiu en cocaïna,» Nació Digital, [En línia]. Available: <https://goo.gl/k01ebE>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [49] valles, «Cortada completamente la C-17 en Canovelles por el accidente de un camión cargado de tierra,» Revista Digital Vallès, [En línia]. Available: <https://goo.gl/AqviBN>. [Último acceso: 12 mayo 2017].
- [50] Europapress, «os muertos al accidentarse un microbús en la C-17 en La Garriga (Barcelona),» El Periódico, [En línia]. Available: <https://goo.gl/DhPHNI>.

- [51] valles, «El tercer carril de la C-17 entre Granollers y Parets se empezará a ejecutar el año que viene,» Revista Digital Valles, [En línea]. Available: <https://goo.gl/6MIDh8>. [Último acceso: 8 junio 2017].